

電気コンロから上方種々の距離にある特殊受熱器内の水の加熱

杉原 雅・三村泰一郎・塩崎雅央・石井充美・大山民子

Heating of water in a special vessel placed at various distances upward from an electric cooking furnace

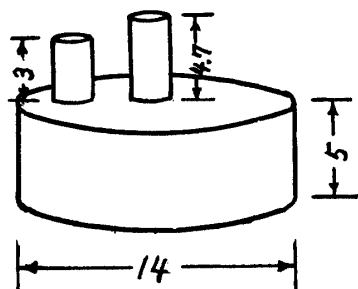
MIYABI SUGIHARA, TAIICHIRO MIMURA, MASAHIRO SHIOZAKI, ATSUMI ISHII and TAMIKO OYAMA

I 概 要

高さの小さい円筒形の特殊受熱器に水を入れて電気コンロの軸上種々の距離に吊下げ加熱により受熱器の得る熱量及び熱の利用率は距離と一定の関係がある。又電熱盤から受熱器の側へ出る輻射熱は電熱盤の発生する全熱量の23%位である。先に報告した輻射熱のみの場合と異なり今の場合には輻射熱の外に対流熱も加わるが、その影響は僅少である。

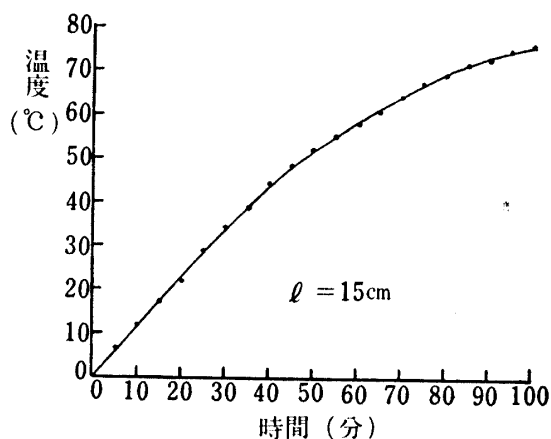
II 実験方法

1図に示す如く特殊受熱器として直径14cm高さ5cmの亜鉛引鉄板で円筒を作り輻射熱をよく吸収させるため底面を黒色にした。受熱器に水60ccを入れ寒温計を挿入し之を500Wの電気コンロの軸上種々の距離に吊った。コンロには積算電力計を挿入し使用電力が読めるようにした。距離を4cmから30cmまで7段階とし2分乃至1分間隔で



1図

上昇温度を読む。距離が小さい場合は沸点に達するからそれ以前に実験を中止した。気温は実験の始めと終りの平均値を取る。同一距離の実験を3回繰返したが先づ3回行えばよく行っていない結果が1回現われれば3回中これのみが外れるからもう1回やり直す。時間と上昇温度との関係を各実験毎に図に画いた。その1例を2図に示す。コンロと受熱器との距離が大きい場合は飽和温度 θ_s の推定は比較的容易であるが距離が小さい場合は推定が困難である。此場合には曲線を延長して推定する。上昇温度と時間 t との関係は $\theta = \theta_s(1 - e^{-\mu t})$ (1) (1) で与えられるから推定された θ_s で此式が満足されて居



2図

るか否かを検討して θ_s を色々に変えて適当な値を探す²⁾。従って θ_s は或範囲の値と云うことになる。受熱器はコンロから熱を受け温度が上昇するがそれと同時に輻射、対流等で熱が外気へ逃げるからその熱で温度降下が行われて居る。 θ_1 から θ_2 まで温度が上昇する間の降下温度は次式で与えられる。 $\theta_s \log \frac{\theta_s - \theta_1}{\theta_s - \theta_2} - (\theta_2 - \theta_1)$ (2) 此(2)式は十分信用は出来ないが大体の量を推定するに役立つ。次に輻射熱のみの場合熱盤を一樣に熱せられた半径 a の円板と考え距離 l にある受熱器の半径を b 、熱盤

1 表

l cm	$(a^2 + b^2 + l^2) - \sqrt{(a^2 + b^2 + l^2)^2 - 4a^2b^2}$
4	50.5
7	33.6
10	23.1
15	13.4
20	8.6
25	5.8
30	4.2

$a = 6.5 \text{ cm}$ $b = 7 \text{ cm}$

の単位面積から単位時間に受熱器の方へ熱盤に垂直に放出される熱量を k , 受熱器の水当量を w , 上昇温度を θ とすれば次の関係がある。

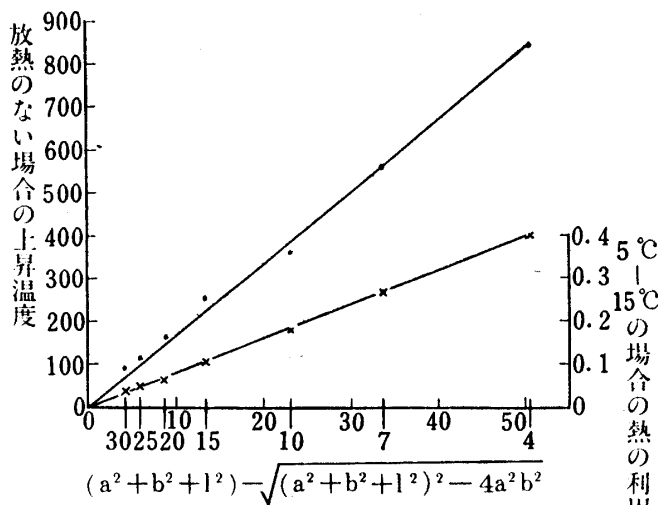
$$w\theta = \frac{\pi^2 k}{2} \{ (a^2 + b^2 + l^2) - \sqrt{(a^2 + b^2 + l^2)^2 - 4a^2 b^2} \} \quad (3)$$

(3)式が今の場合に当筈とすれば θ と右辺の $\{ \}$ が直線関係になる筈である。

■ 実験結果及びその考察

上述の実験方法により距離 l を I 表に示す如く変えたからそれに応ずる $\{ \}$ の値を計算したものを此表に示す。実験結果を II 表に示す。使用電力は K.WH で書かれてあるから之を $0.24Wt$ (W はワット, t は秒) を用いてカロリーに直す。熱の利用率は現在受熱器が有する熱量を一定温度上昇するまでの時間にコンロが発生した熱量で除した数である。此の計算には受熱器の水当量 w が必要である。受熱器の質量は 172.4gr , 鉄の比熱は 0.1157 (昭和37年理科年表による) であり水 65cc を 65gr とし寒暖計は之を省略して w は 668.4gr となる。熱の利用率は上昇温度により異なるから始めから (表には 0°C からと記す) 3°C 上昇した場合と 5°C から 15°C までの 10°C の上昇の場合とを計算した。前者では受熱器の有する熱量は $3w$ カロリーであり後者では $1w$ カロリーである。II 表を見れば始めから 3°C 上昇した場合の利用率が 5°C から 15°C の 10°C 上昇した場合のより幾分小さい。之は温度が高くなれば時間も長くその間に受熱器から逃げる熱が多くなり之だけ無駄に費されて居るためである。(3)式の θ は単位時間に上昇した温度であるから時間 t の間に上昇した温度を θ' とすれば, $\theta' = \theta t$ となり(3)式は次の如くなる。

$$w\theta' = \frac{\pi^2 k t}{2} \{ (a^2 + b^2 + l^2) - \sqrt{(a^2 + b^2 + l^2)^2 - 4a^2 b^2} \} \quad (4)$$



3 図

各実験に於て放熱のない場合の上昇温度を求める場合補正量の計算に際しグラフから大体 t を略等しくなるようにしたから θ' は $\{ \}$ と直線関係にある。

(2)式により受熱器から放熱されたための温度降下を計算し之を θ_s に加えればコンロから受熱器に來た熱を全部受熱器の温度上昇に用いた場合となる。此場合 100°C 以上になっても水は沸騰しないものと仮定してある。此実験の場合に(4)式が当筈のものと仮定する。之を 3 図に示す。3 図を見れば略満足されて居る。 5°C から 15°C までの 10°C の温度上昇の場合の熱の利用率も(4)式の $\{ \}$ と直線関係を有するものと仮定して 3 図に之を示す。3 図を見れば直線関係が満たされて居ることが解る。先に報告した輻射熱のみの場合にも直線関係を示して居る θ から対流の影響は輻射の量に比例して加わって居るものと思われる。輻射熱のみの場合に比して本実験の場合には熱の利用率が幾分大きい。

k の値は(3)式を導いた源の式 k' (先に報告した論文の(4)式) から電気コンロの熱盤に垂直に単位時間に単位面積から受熱器側へ放出される熱量であるから(3)式の θ は 5°C から 15°C までの 10°C の上昇に於て此間に受熱器が外気へ放出した熱による温度降下を補正として加えねばならぬ。その温度降下を計算した量が II 表の終りから 5 行目に記してある。此補正量を 10°C に加えたものが放熱のない場合の受熱器の上昇温度である。之を表の終りから 4 行目に記した。(3)式の θ に此温度を入れて求めた k は θ だけ上昇するに要した時間がかかっている値であるからそれを所要時間 (表の終りから 8 行目に記された時間) で除せば 1 分当りのカロリー数である。之が表の終りから 3 行目に記されてある。実際コンロの単位時間に単位面積から放出している熱量はコンロの面積 $\pi a^2 = 132.7\text{cm}^2$ でコンロの 1 分当りの発熱量 (表の始めから 8 行目) を割ればよい。その値が表の終りから 2 行目に記されてある。依つて k の値を今求めた熱量で割ればコンロの全発熱量が受熱器に影響を及ぼした割合が得られ之が表の最後の行にある。表から距離 2cm 以内は略一定しているがそれより距離が大きくなると値が稍大きくなる。輻射のみの場合は略一定している θ が今の場合は距離の変化による対流の影響が幾分現われているように思われる。此 k は元來コンロに所属した量であるが受熱器が受けた熱量の方から計算したから輻射以外に対流により受熱器に与えられる熱量が多くなれば k が大きく出るのは当然である。

本実験は輻射熱の外に対流熱が受熱器に及ぼす影響を輻射熱のみの場合と比較したのであるが対流熱は輻射熱の量に比例して影響すると思われるが熱の

表 I

距離 l cm	番 号	気温 °C	上昇 温度 °C	使用 電力 KWH	KWHを所要 時間に換算 に換算 KWH	所要 時間 分	コンロの 1分当り の発熱量 カロリー 分	飽和 温度 °C	放熱による 受熱器の 温度降 °C	放熱の上 の温度 °C	所要時間 (グラフ から) 分	コンロの 発熱量 カロリー	熱 利用率	0°Cから30°Cまで		5°Cから15°Cまで		コンロの 単位面積 からの発 熱量 カロリー/分	コンロの 単位面積 からの発 熱量 カロリー/分	コンロの 全発熱量 に対する 受熱器え 出る割合
														熱 利用率	所要時間 (グラフ から) 分	熱 利用率	所要時間 (グラフ から) 分			
4	1	19	80.9	0.17	146880	20	7344	220	617.5	837.5	8	58752	0.341	2	14688	0.455				
	2	18.778.5	0.17	146880	20	7344	220	617.5	837.5	8.5	62424	0.321	2.5	18360	0.364					
	3	18.978.9	0.16	138240	20	6912	220	617.5	837.5	8	55296	0.363	2.5	17280	0.387					
	平均						7200	220		837.5	8.2		0.342	2.3		0.402	10.4	12.1	54.3	0.22
7	1	17.284.0	0.26	224640	33	6807	160	399.6	559.6	12	81684	0.245	3.5	23825	0.281					
	2	18.881.0	0.24	207360	30	6912	160	399.6	559.6	12	82944	0.242	3.5	24192	0.276					
	3	19.475.8	0.24	207360	31	6689	160	399.6	559.6	12.5	83613	0.240	4	26756	0.250					
	平均						6803	160		559.6	12.2		0.242	3.7		0.269	10.7	11.7	51.3	0.23
10	1	19.978.2	0.39	336960	50	6739	120	266.5	386.5	18	121302	0.165	5.5	37065	0.180					
	2	20.78.3	0.40	345600	52	6646	110	235	345	20	132920	0.151	5.5	36553	0.183					
	3	19.980.4	0.42	362880	52	6979	110	235	345	18	125622	0.160	5.5	38385	0.174					
	平均						6788	113		358.8	18.7		0.159	5.5		0.179	10.9	11.6	51.2	0.23
15	1	20.778.2	0.90	777600	110	7069	84	158	242	30	212070	0.095	8	56552	0.118					
	2	20.376.2	0.81	699840	95	7367	88	169.4	257.4	30	221010	0.091	8	58936	0.113					
	3	22.275.4	1.04	898560	120	7488	88	169.4	257.4	37	277056	0.072	11	82368	0.081					
	平均						7308	87		252.3	32.3		0.086	9		0.104	1.3	11.3	12.7	55.1
20	1	22.658.8	1.76	1520640	215	7073	62	99.1	161.1	60	424380	0.047	18	127314	0.053					
	2	20.362.2	1.29	1114560	155	7191	62	99.1	161.1	47	337977	0.059	13	93483	0.072					
	3	22.764.6	1.37	1183680	170	6963	64	104.2	168.2	50	348150	0.058	15	104445	0.064					
	平均						7076	63		163.5	52.3		0.055	15		0.063	2.0	12.0	12.6	53.3
25	1	22.250.0	2.00	1728000	230	7513	52	61.5	113.5	75	563475	0.036	18	135234	0.049					
	2	19.847.8	1.34	1157760	160	7236	52	61.5	113.5	55	397980	0.050	15	108540	0.062					
	3	21.145.4	1.81	1563840	220	7108	48	65.6	113.6	70	497560	0.040	22	156376	0.043					
	平均						7286	51		113.5	66.7		0.042	18		0.051	2.5	12.5	16.2	54.9
30	1	17.439.9	1.58	1365120	195	7001	44	55.6	99.6	80	560080	0.036	25	175025	0.038					
	2	25.236.0	1.66	1434240	195	7355	37	42	79	120	882600	0.023	23	169165	0.040					
	3	22.741.2	2.37	2047680	270	7584	42	52.4	94.4	90	682560	0.029	23	174432	0.038					
	平均						7313	41		91	96.7		0.029	24		0.039	3.3	13.3	17.9	55.1

受熱器の水当量 668.4gr 30°C上相による受熱器の有する熱量 20052カロリー 10°C " " 6684カロリー

- | | | | | | | |
|-----------------------------|----|---|---|---|---|-----------------|
| 利用率の場合は距離の変化による対流熱の影響が僅かな | 3) | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 第 2 号 79 (1956) |
| がら 20cm 以上に於て現われているように思われる。 | 4) | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 第 4 号 67 (1957) |
| | 5) | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 |
| | 6) | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 |
| | 7) | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 | 〃 |
- 文 献
- 1) 杉原雅, 三村泰一郎, 西京大学学術報告第 2 卷 第
1 号 57 (1955) (1960年 7 月 18 日 受理)
- 2) 〃 〃 〃 〃