

ガスコンロで水を加熱した場合の熱効率の研究*

石 谷 博 美**

常 本 秀 幸**

佐 藤 公 一***

(昭和58年4月28日受理)

A study for the Thermal Efficiency by Using of a Small Kitchen Range at the Water Heating

by Hiromi ISHITANI, Hideyuki TSUNEMOTO
and Kouichi SATOH

The investigation of the improvement of thermal efficiency when a small kitchen range was used for water heating was attempted under the various conditions of vessel configurations, surface area of vessels, the amount of water to be heated, the amount of gas for the range and the cover surrounding the vessels.

The results indicated that when a constant amount of water was heated, a vessel of large surface and wide bottom area increased thermal efficiency. In the same vessel, the thermal efficiency increased with an increased quantity of water and a decreased amount of gas. Moreover, when the surround of the vessel was covered by a cylindrical pipe, a 5% increase in thermal efficiency was obtained.

1. ま え が き

いわゆる石油危機を契機として、エネルギー資源の有限性と枯渇化が深く認識され、熱機関をはじめとして大型産業機械等に関しては、種々の面で熱効率の改善・工夫の要望に対して研究が進んでいる。しかし、我々が日常的に利用している家庭用ガスコンロ等についての報告は、その例が少ない。

そこで本研究では、家庭用ガスコンロを利用して水を加熱した場合の熱効率の現状値、さらに容器形状等による熱効率の改善効果について2~3の考察を試みた。

この結果、一定量の水を沸騰させる場合には、底面および容量の大きい容器で効率が良く、また、容器側面に平行に覆いを付けた場合に効率が向上することが明らかとなった。以下、詳細について報告する。

* 日本機械学会北海道学生会第12回卒業研究発表会講演会(1983.3.室蘭)にて発表

** 北見工業大学応用機械工学科

*** 東芝エンジニアリング株式会社

2. 実験装置および方法

図1は、今回使用した容器寸法および温度測定位置を示したものである。

容器はステンレス製で、標準品としては、径 D と深さ H の比が等しい 220, 180, 160, 140 mm のものを用いている。また、容器容積一定での底面積の影響を比較するために、これらの容器の高さを変更して、容量を 2.1 l としている。さらに側面積の影響を調べるために、容器径 180 mm のものを3段階に切断して実験を行なっている。

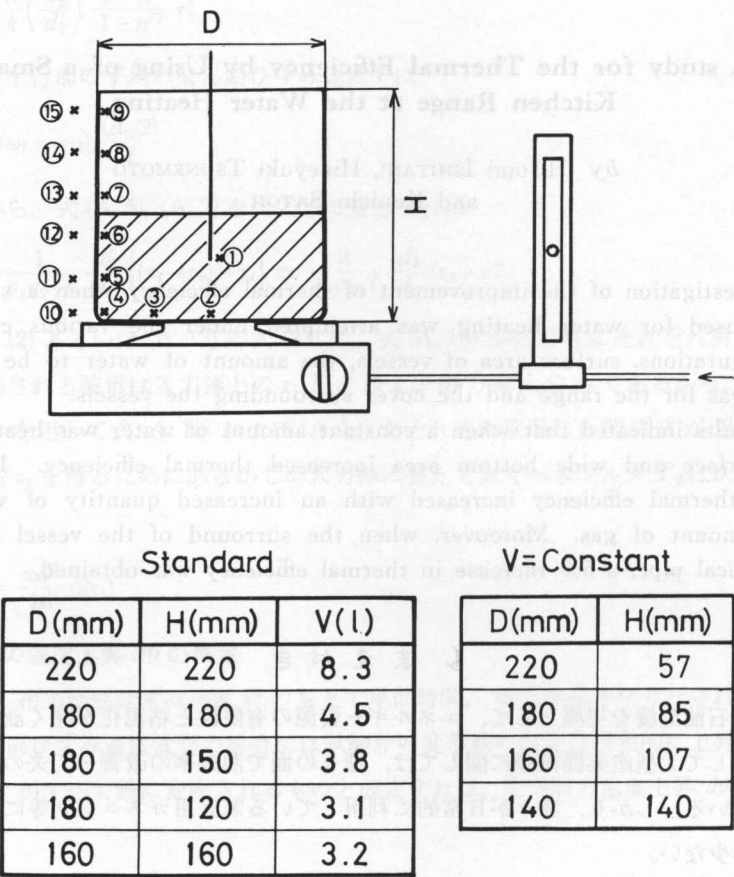


図1 容器寸法および温度測定位置

一方、各部の温度測定には、C-A 熱電対 (0.32 ϕ) を用いているが、図中の ① の点で水温を、②～⑨ までの 8 点で容器表面温度、⑩～⑮ までの 6 点で外周温度を、それぞれ測定している。なお、表面温度は、熱電対素線をステンレス表面に溶接して測定を行なった。

使用したガスは都市ガスであり、発熱量は約 3.2 kcal/l である。ガス流量の測定にはフローメータを用いているが、標準的な試験には最大流量より若干低い 13 l/min を選んで、流量変動の影響を少なくした。また、使用したガスの酸素混合割合が約 9% なので、コンロの補助

空気孔は閉鎖して実験を行なった。なお、空気孔全開時に比べ、閉鎖した場合の方が熱効率は向上することを確認している。

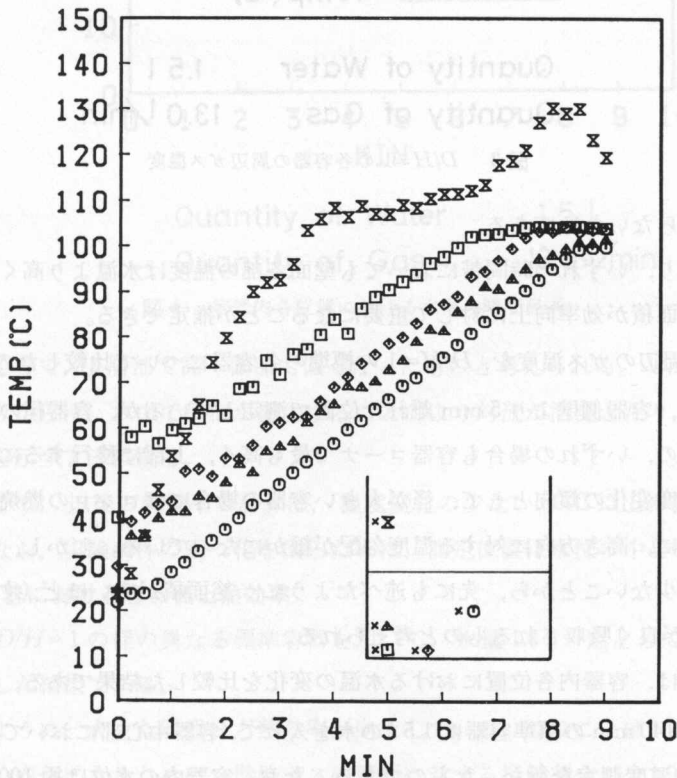
以上のような方法で、室温状態の水を沸騰させた場合の熱効率の比較を行なっている。なお、効率の計算は、水が一定温度に達するまでに消費した熱量に対して、水が吸収した熱量の比で行なっているが、実験では、容器にアルミホイールで上ぶたをしているので、蒸発損失の影響は少ない。

3. 実験結果および考察

3.1 各部の温度経過

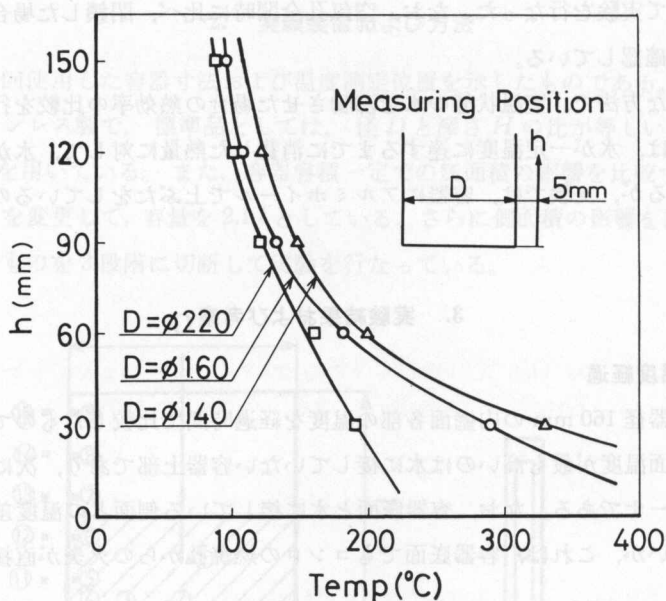
図2は、容器径 160 mm の内壁面各部の温度を経過時間で比較したものである。

図より、壁面温度が最も高いのは水に接していない容器上部であり、次に火炎が当たっている容器低部のコーナである。なお、容器底面と水に接している側面との温度差はそれほど大きくはなっていないが、これは、容器底面でもコンロの燃焼孔からの火炎が直接当たらないところ



Quantity of Water 1.5 l
Quantity of Gas 13.0 l/min

図2 容器内壁面各部の温度の時間経過



Quantity of Water 1.5 l
Quantity of Gas 13.0 l/min

図3 $D/H=1$ の各容器の周辺ガス温度

は高い温度にならないためである。

この結果より、いずれの時間帯においても壁面各部の温度は水温より高く、熱移動を考えると、壁面の総面積が効率向上に対して重要になることが推定できる。

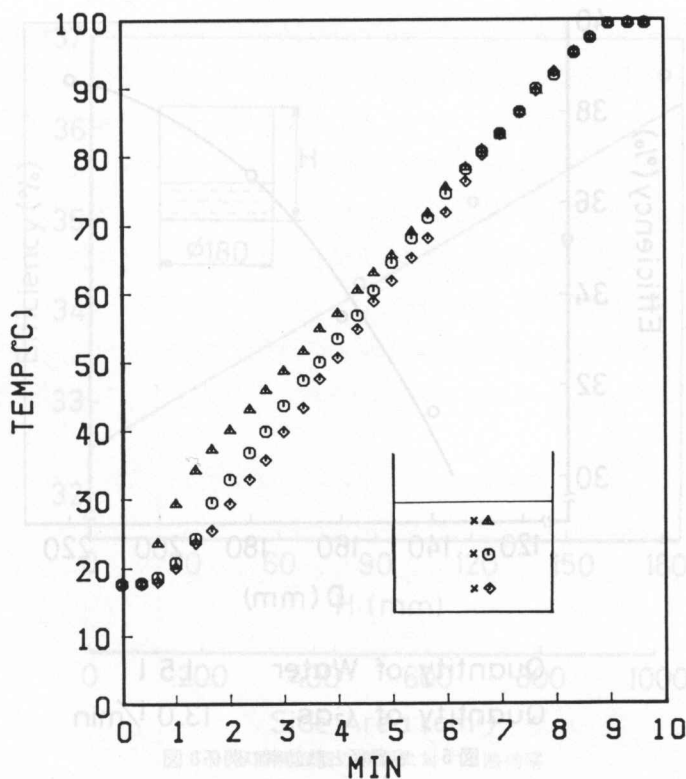
次に、容器周辺のガス温度を、 $D/H=1$ の標準の各容器について比較したのが図3である。

ガス温度は、容器側壁より5 mm 離れた位置で測定しているが、容器径の違いによって温度は異なるものの、いずれの場合も容器コーナで最も高く、上部に移行するに従って低くなっている。その温度変化の傾向として、径が大きい容器の場合にはコンロの燃焼孔から容器側面が遠ざかるために、高さ方向に対する温度勾配が緩かになっている。しかし、上部では各容器とも温度に差が少ないことから、先にも述べたように、総面積が広いほど(すなわち径の大きい容器ほど)熱が良く吸収されるものと考えられる。

また、図4は、容器内各位置における水温の変化を比較した結果である。

$D/H=1$ の140 mm の標準容器に1.5 lの水を入れて、容器中心部において底面から20, 50, 80 mm の位置で温度測定を行なったものである。なお、容器内の水位は約100 mm である。

図より明らかなように、加熱初期には測定位置の違いによる温度差はあるものの、沸騰近くではほぼ同一の値となっている。このことは、温度測定が中心部であり、火炎が容器底面のコーナ付近に当たるために、加熱初期では、温度の高い部分である外側から上層へと速度の遅い



Quantity of Water 1.5 l
Quantity of Gas 13.0 l/min

図4 容器内各位置における水温の時間経過

自然対流となるので、上層部で高く低部で低くなったものと考えられる。しかし、水温が80°Cを越えるあたりからは、水中で気泡が発生することにより対流が活発となり、これらの温度はほぼ一定の値を示すようになる。

この結果より、以後の熱効率の計算は、温度変化の少ない80°C以上の温度帯において行なっている。なお、実験条件の画一化を図るために、測定位置は水位の中心で行なった。

3.2 標準容器における容器径と熱効率

図5は、 $D/H=1$ の径の異なる標準容器を用いて、水量1.5 l一定として加熱した場合の熱効率を比較した結果である。

図に示すように、大きな容器ほど熱効率が向上している。このことは、小さい容器では容器底面が火炎の内側になるために、燃焼ガスの壁面に対する接触割合が少ないので効率が落ちるが、大きい容器では、表面積が大きくなったことにより、燃焼ガスの底面あるいは側面での接触割合および時間が長くなったことによるものと考えられる。

なお、容器径が大きくなるに従い熱効率の向上割合が減少してくる。これは、 $D/H=1$ の

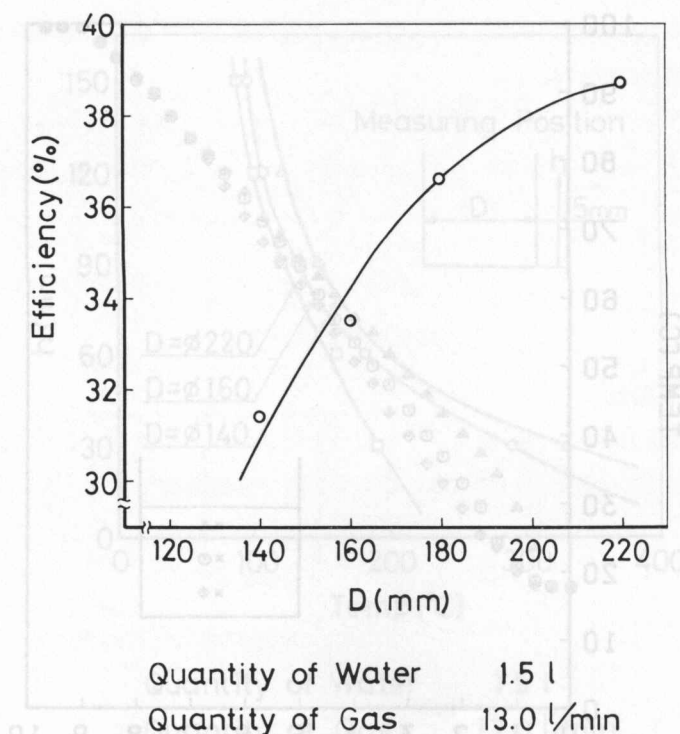


図5 容器径と熱効率の関係

容器の場合、径が大きくなると側面高さも大きくなり、今回のような水量一定の実験を行なった場合には、水に接していない部分の面積も広くなる。なお、この部分からもある程度の熱量が供給されるのであるが、先に示した図3からも明らかなように、容器外周ガス温度は上部に移行するほど低下し、容器径が大きい場合には容器内壁温よりガス温度が低くなるために、水温が上昇するにつれ上部壁面から放熱が起り、効率の上昇率が減少しているものと考えられる。

3.3 表面積と熱効率

前節より、容器径が大きいほど熱効率が向上することが明らかとなったが、その結果が底面と側面のいずれの影響によるものかを調べてみた。

図6は、 $D=180\phi$ の容器を3段階に切断して、水量一定のもとでの側面積の変化に対する熱効率を比較したものである。

図より明らかなように、容器を切断して高さを変化させた場合には多少のパラッキがあるものの、高さの減少に対して熱効率も直線的に減少している。従って、図面上で側面の高さゼロでの熱効率は、底面だけで受熱した場合の熱効率と考えることができる。このようにして、 160ϕ 、 220ϕ についても底面からの受熱による熱効率を求めることができる。

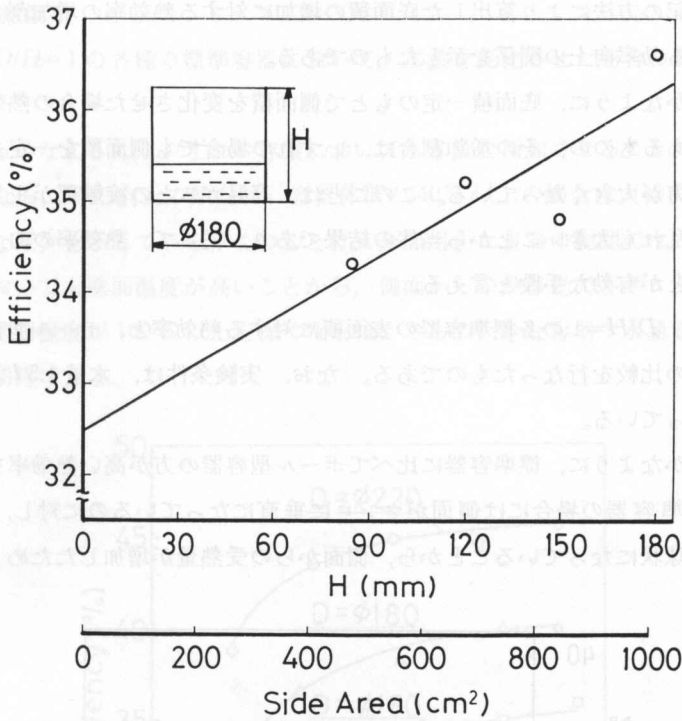
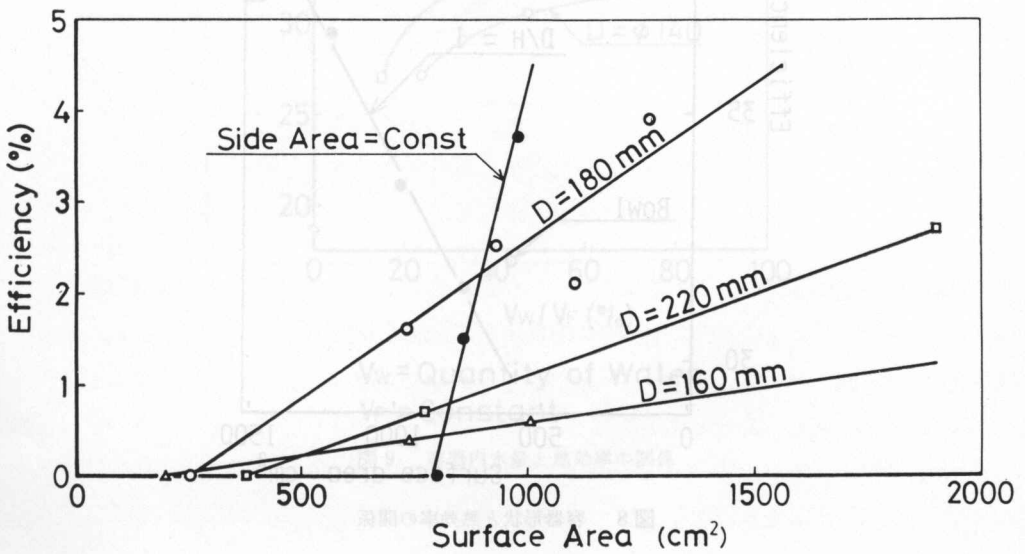


図6 容器側面積の変化に対する熱効率



Quantity of Water 1.5 l
Quantity of Gas 13.0 l/min

図7 容器側面積と底面積の熱効率への影響度の比較

図7は、上記の方法により算出した底面積の増加に対する熱効率の増加割合、および側面積の増加に対する効率向上の関係を示したものである。

図より明らかなように、底面積一定のもとで側面積を変化させた場合の熱効率は、容器径によって違いはあるものの、その増加割合は、いずれの場合でも側面積を一定とし底面積を増加させた場合の方が大きくなっている。このことは、高温ガスとの接触部が主として容器底部であり、さらに乱れも大きいことから当然の結果であり、従って、熱効率の向上には、底面積を大きくすることが有効な手段と言える。

一方図8は、 $D/H=1$ の各標準容器の表面積に対する熱効率と、ボール型容器の表面積に対する熱効率との比較を行なったものである。なお、実験条件は、水量1.5 lおよびガス流量13 l/minで行なっている。

図より明らかなように、標準容器に比べてボール型容器の方が高い熱効率を示している。このことは、標準容器の場合には側面がコンロに垂直になっているのに対し、ボール型容器は、側面が半円球状になっていることから、側面からの受熱量が増加したためと考えられる。

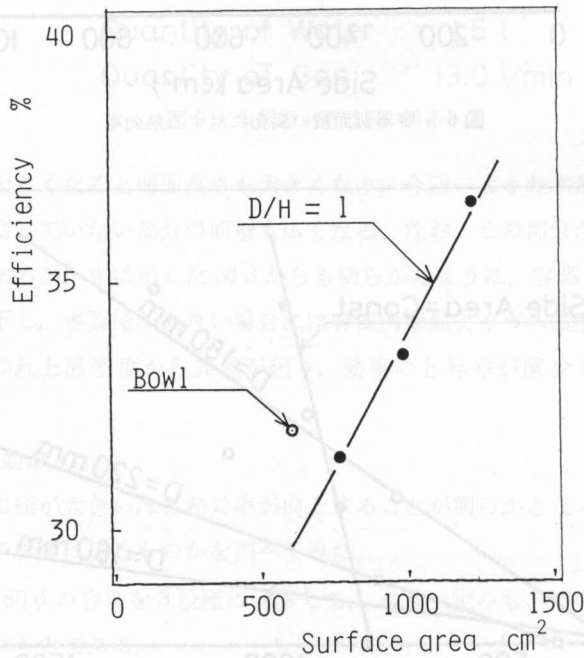
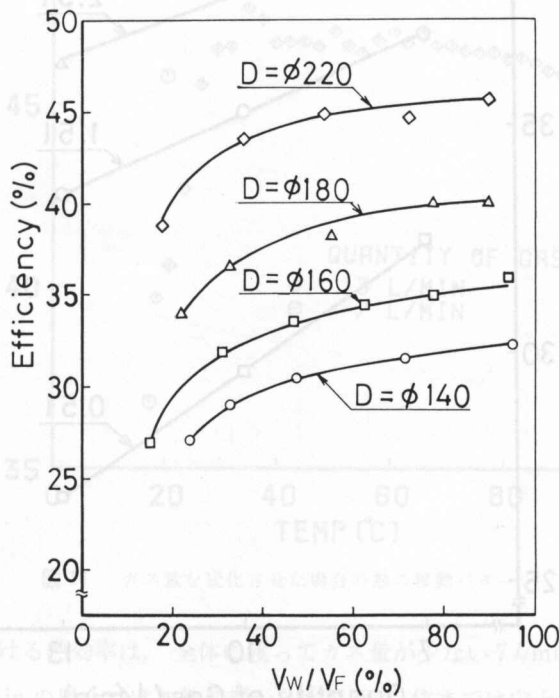


図8 容器形状と熱効率の関係

3.4 水量と熱効率

図9は、 $D/H=1$ の各種の標準容器において、水量を変化させた場合の熱効率を比較したものである。

図より明らかなように、いずれの容器においても水量を増加させることによって効率は向上している。なお、その向上の傾向は、容器体積の40%以上の場合は直線的に増加し、それ以下では急激な減少を示している。このことは、今回用いた容器の範囲では、水に接していない容器上部においても壁面温度が高いことから、側面からの熱移動でエネルギーが回収できるためであり、壁面温度が 100°C 以上を保つならば、さらに大きな容器で水量を増加しても、熱効率の向上は期待できる。



V_w = Quantity of Water
 V_f = Constant

図9 容器内水量と熱効率の関係

3.5 ガス量と熱効率

図 10 は、 $D=160\phi$ の標準容器を用いて、供給ガス量の変化に対する効率への影響を比較したものである。

図からわかるように、いずれの水量においてもガス量が少ない場合ほど熱効率は向上している。このことは、ガス量を減少させることによりガス流速は遅くなるものの、これと同時に燃焼火炎の体積が小さくなり、容器底面での熱交換割合が多くなったためと考えられる。

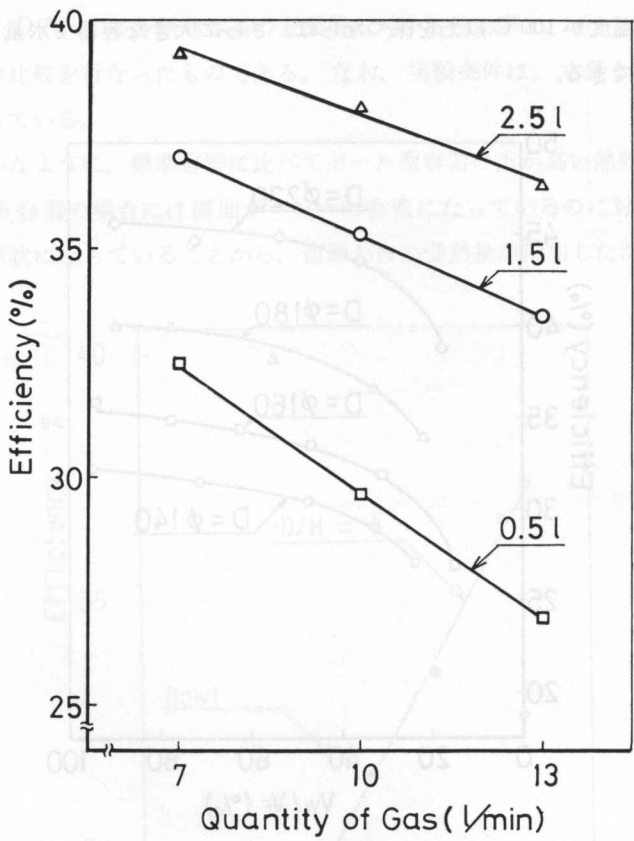


図 10 供給ガス量と熱効率の関係

一方、図 11 は、ガス量を変化させた場合の熱の移動パターンを見るために、 $D=220\phi$ の標準容器に 7.5 l の水を入れ、ガス量 13 l/min 、 7 l/min の場合で沸騰までの温度経過に対する熱効率を比較したものである。

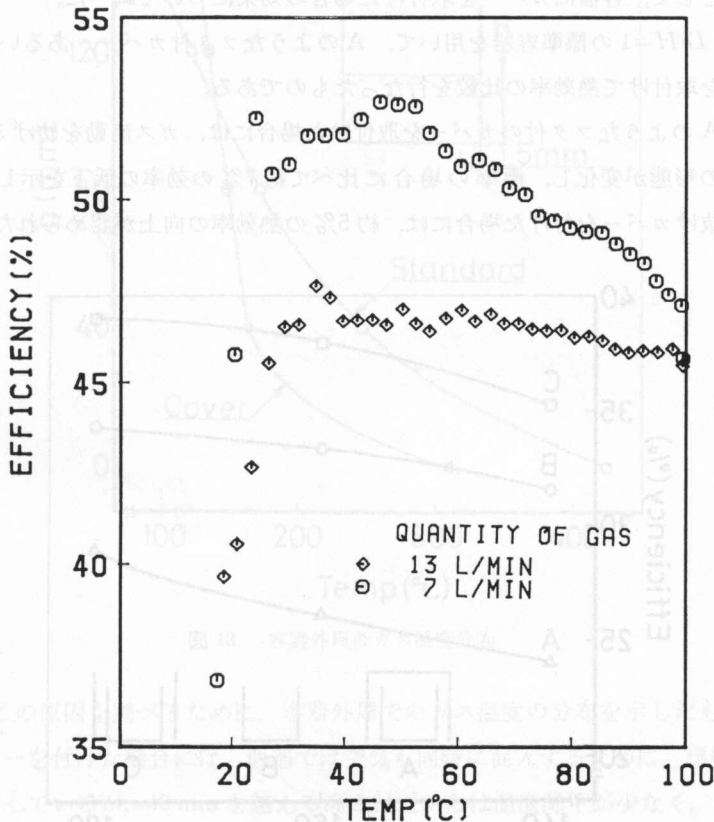


図 11 ガス量を変化させた場合の熱の移動パターン

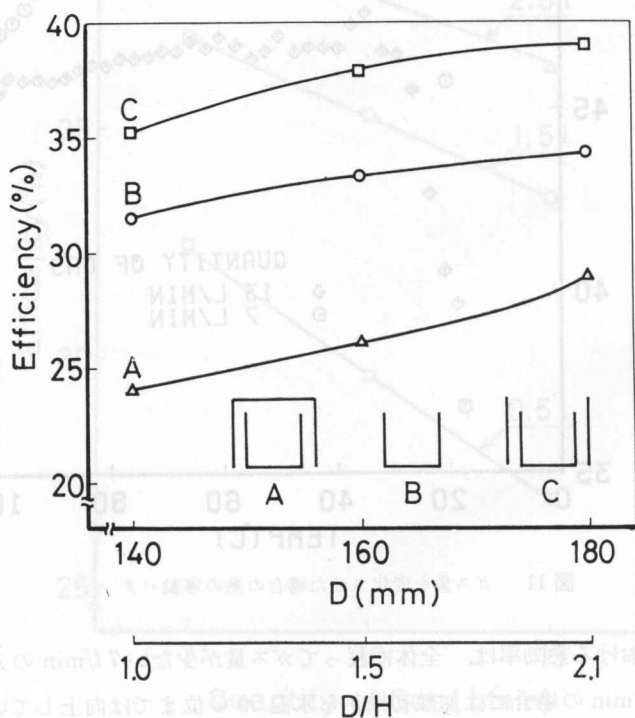
各温度経過における熱効率は、全体に渡ってガス量が少ない 7 l/min の方が良い値を示している。なお、 7 l/min の場合には加熱初期から水温 50°C 位までは向上しているが、その後効率の低下が著しい。これは、加熱初期にはガス量が減少したことによって、底面での受熱効率が良いものの、容器外周でのガス温度が低いために、水温の上昇と共に側壁からの放熱量が増大したためと思われる。なお、 13 l/min の場合には、水温 40°C 付近以降での効率はほぼ一定となっており、水が吸収している熱量は時間に対して一定であることを示している。

3.6 容器にカバーを付けた場合の熱効率

以上述べてきたように、市販品のガスコンロを利用して、容器形状、表面積、水量、およびガス量を変化させた場合の熱効率の現状値を明らかにすることができたので、次に、熱効率の向上を目的として、容器にカバーを取付けた場合の効果について調べた。

図12は、 $D/H=1$ の標準容器を用いて、Aのようなフタ付カバー、あるいはCのような吹抜けカバーを取付けて熱効率の比較を行なったものである。

ここで、Aのようなフタ付のカバーを取付けた場合には、ガス流動を妨げるのが原因となって熱伝達の形態が変化し、標準の場合に比べて約7%の効率の低下を示した。しかし、Cのような吹抜けカバーを付けた場合には、約5%の熱効率の向上が認められた。



Quantity of Water 1.5 l

Quantity of Gas 13.0 l/min

図12 容器にカバーを付けた場合の熱効率

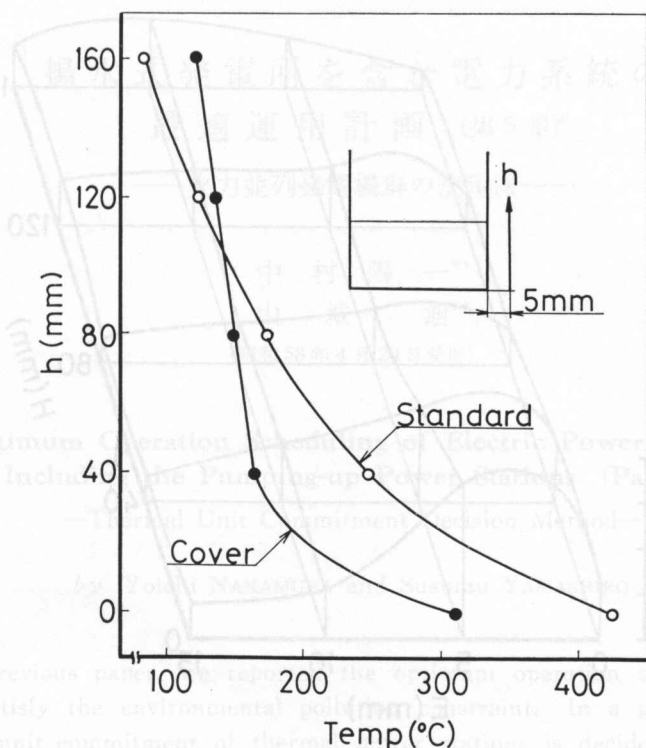


図 13 容器外周のガス温度分布

図 13 は、この原因を調べるために、容器外周でのガス温度の分布を示したものである。

容器にカバーを付けた場合には、低部では空気も同時に混入するために、標準の状態に比べて温度が低下しているが、40 mm を越える高さ付近からは温度降下が少なく、さらに上部に移行すると、標準の場合より高い温度を示すようになる。すなわち、上部においても 100°C 以上のガス温度を保持して熱の移動が行なわれる。また、カバーを付けた場合には、容器外周のガス流の乱れの存在が煙により確認できており、これらのことより、壁面からの熱伝達の向上も期待できる。

なお、ガス流速の増大も考えられたので、標準状態との比較を試みたが、標準状態では図 14 のように測定できたが、カバー付の場合には静圧の測定が十分でなく、良い結果を得ていない。しかし、下部で取込んだ空気量の増大、あるいは温度パターンと速度パターンの類似性から、カバーを付けた場合には図 14 の 40 mm 付近のような傾向で、燃焼ガスは上層部まで早い速度で流れるものと考えている。

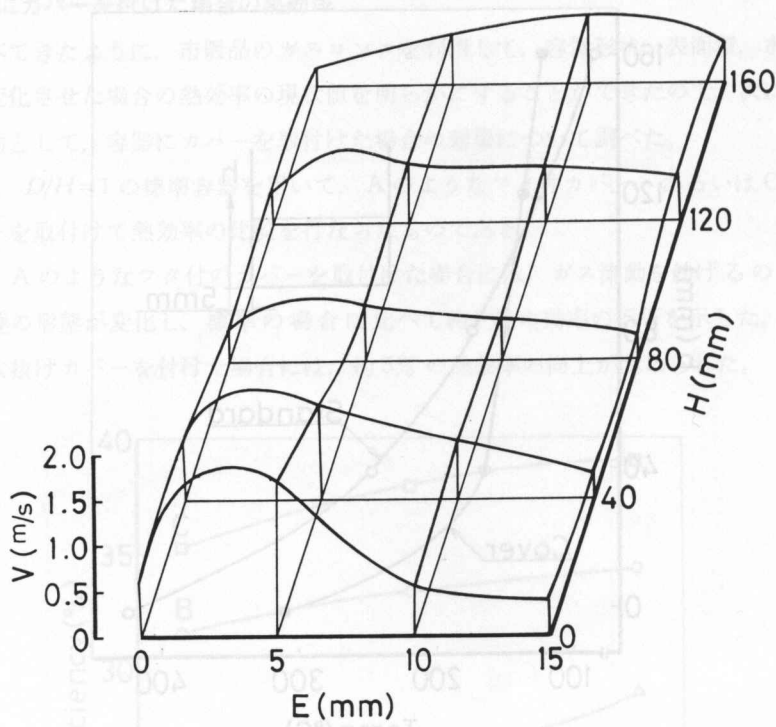


図 14 標準状態での容器外周の速度分布

4. 結 論

以上、効率よく水を加熱する方法を検討した結果、次のようなことが明らかとなった。

- (1) 一定量の水を加熱する場合、大きな容器を用い、さらに、熱の吸収に依存度が高い底面積の広い容器の方が、熱効率の上昇割合は大きい。
- (2) 同一容器では、水量を多くし、ガス量を少なくした方が効率が向上する。
- (3) 容器に吹抜けカバーを付けた場合には、熱伝達率が高くなって、約5%効率が向上する。