



Title	ストーブの性能に関する実験 (I)
Author(s)	白川, 比呂志
Citation	衛生工学, 7, 1-13
Issue Date	1962-10
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/36157
Type	bulletin (article)
File Information	7_1-14.pdf



[Instructions for use](#)

ストーブの性能に関する実験 (I)

白川比呂志*

(昭和37年5月17日受理)

Experimental Studies on the Characteristics of Stoves for Solid Fuels (Part I)

Hiroshi Shirakawa

Synopsis

In a series of experimental studies on the characteristics of stoves for solid fuels such as a coal or coke, author intend to clarify the characteristics of the stoves most in use in firing several kinds of fuel. The relations between burn-efficiency and effect of heating, smoke density, and smoke composition etc. will be studied in order to evaluate the characteristics of the stoves synthetically as heating apparatus.

In this paper, mainly the firing characteristics of two kinds of stove are obtained as the first stage of the series for the solid fuels of pitch and bituminous coal.

I. ま え が き

寒冷地における、一般家庭用の暖房、採暖装置としては、古くから、薪、石炭などの固体燃料を燃料とするストーブが用いられてきた。最近、液体または、気体燃料を用いるもの、あるいは、電熱を用いるものなど、それぞれ特徴を備えた数多くのストーブが市販されているが、その燃焼性能上、居住衛生上、取扱いの上、また煤煙防止の面、その他で多くの利点があるにもかかわらず、設備費、または燃料費が高価であるためか、或いは、石炭焚きを手放すことに郷愁を感じるためか、とくに北海道内の一般家庭では、このような斬新な燃焼型式を取入れることに消極的であり、依然として石炭焚きのストーブによる暖房が広く行われている。因みに札幌市¹⁾の家庭用の暖房燃料は約90%が石炭で占められている。以上のような背景のもとに石炭焚きストーブも、所要熱負荷や使用する石炭の種

* 第四講座助手

類に応じ、また価格に応じ各種構造のものが出揃っている。投炭方式によつてストーブを分類すると、投入式と貯炭式に分けられるが、家庭用としては貯炭式が多いようであり、例えば札幌市²⁾ではその約70%が貯炭式で占められている。また通風はすべて、煙突による自然通風型式を採つており上向通風である。ケワニ式ボイラーに見られるような水冷火格子を設けた下向通風はストーブでは見当たらない。なお、通風方向としては、普通火層に対し上向き、および下向きの場合をそれぞれ、上向き通風、下向き通風とよんでいる³⁾。

このように石炭ストーブは、古くから暖房器具として広く一般に用いられており、また近時、ストーブからの排ガスが都市に於ける大気汚染の大きな原因をなしていると指摘され、その対策が叫ばれているにも拘らず、これら石炭ストーブの性能、その他について行われた研究は極めて少く⁴⁾、⁵⁾、⁶⁾かつ性能試験法にも統一した規格がないため試験結果の比較も難しい現状である。

予定している一連の実験では、各種石炭ストーブの焚焼性能を、各炭種につき求め暖房効果との関係を明らかにし、さらに発生煤煙の組成と濃度との関係等、暖房器具としての特徴を総合的に比較検討しようとするものである。

本実験報告はまず、二種類の鋼板製の貯炭式ストーブについて、瀝青中塊炭とピッチ煉炭を燃料とした場合の焚焼実験結果を述べたもので、予定する一連の実験の序章をなすものである。

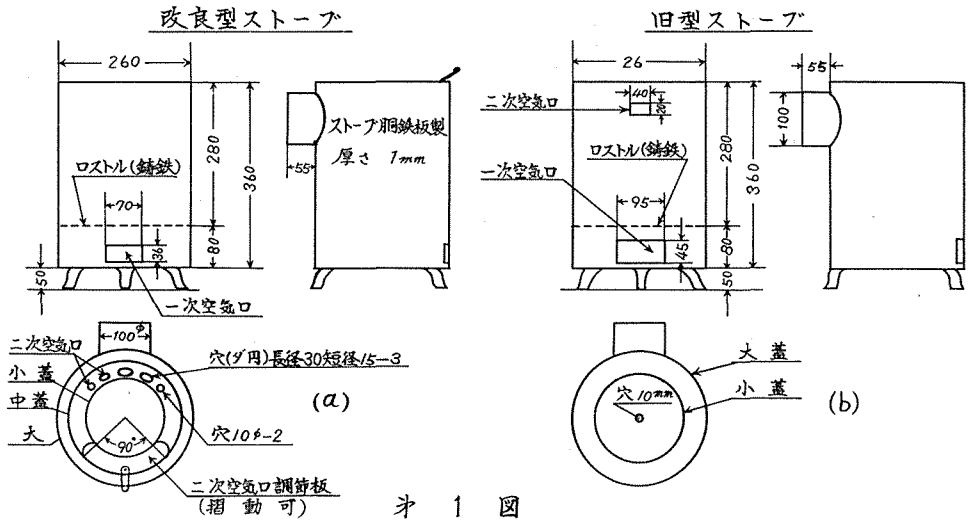
II. 実験装置および測定法

II-1. 供試ストーブ

測定に供した鋼板製の貯炭式ストーブは、ルンペンストーブと呼ばれているが、その語源は独語の Lumpen から来たものと思われる。すなわち、このストーブでは、つぎに示す燃焼機構により、着火後の給炭は不可能となるため、2個のストーブを常備し、交互に取替え使用し、暖房を持続させなければならない。従つて、暖房中、1個のストーブが常に失業の状態にあるためこのような名称になつたとも云われ、また価格が安く、外観が良くないと云う所からこのように呼ばれて来たとも考えられる。最近は数種の改良型が出廻っているが、北海道の一般家庭では古くから可なりの数が使用されている。ルンペンストーブの形状は才1図に示す如く寸胴で内部は燃焼室と灰溜めとが火格子により区切られ、灰溜め部前面に1次空気口、燃焼室上部に2次空気口および煙突取付け口がある。最初、燃料を燃焼室の煙突口真下まで装入し、点火、焚焼させるので、燃焼空間は燃焼室上部のほか煙突内にまで及び、とくに燃焼初期では、長焰燃焼が見られる。ストーブの取り替えや焚付準備に少々手間がかかるが着火後は取扱いが非常に容易である。

通風型式は、前記の如く上向き通風である。これは1次空気が下部給気孔より炭層を上昇し、火層を経た後、燃焼室で上部給気孔より供給された2次空気と合流、燃焼を完了し、煙突から排出されることによる。これに対し、燃焼は上部より下部へ向つて進む下向き燃焼の型をとる。また、給炭は、投込ストーブに見られるような灼熱火層上に投炭する上込め方式ではなく、貯炭式すなわち下込め方式を採り、燃焼過程は無理なく自然に行われ煤煙の発生も少ない。

本実験に供したルンペンストーブは、従来の型および二次空気口に改良を加えたものと、二種類、いずれも市販品である。便宜上前者を旧型、後者を改良型とよぶ。構造および寸法は才1図に示す通



才 1 図

りである。

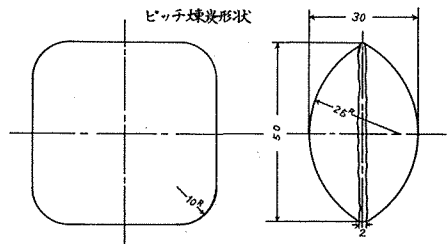
改良型の1次空気口と2次空気口の面積は、それぞれ旧型の57%、および150%となっており、2次空気を有効に用いようとする企図がうかがえる。1次空気口、2次空気口ともに開口面積は任意に変えられるが、とくに、改良型の2次空気口は上蓋に取付けられ、その位置を任意に移動し得るよう工夫してある。

燃焼方法および操作は旧型、改良型とも燃焼室に所定量の燃料を入れ（普通、煙突取付け口の下端附近まで燃料を挿入する）、2次空気口を全開し、1次空気口は全閉とし燃料の上に紙屑等の易燃物を置き更に、薪をその上に重ね、2次空気口より点火する。燃料に着火したことを認め後、1次空気口を開き、その後は1次空気口、2次空気口の開度を調節し、所要の燃焼状態を得るようにする。但し、改良型には、燃料に着火後は2次空気口をストーブ出口部の方へ、180°反転させるところに特徴がある。

II-2. 供 試 燃 料

供試燃料としては、暖房用瀝青中塊炭（北海道炭出所不明）、ピッチ煉炭（北海道幌内粉炭を、ピッチとともに圧縮成型したもの）の2種類を使用した。ピッチ煉炭の大きさ、形状は才2図に示す。

これら供試燃料の工業分析並びに発熱量測定の結果は、才1表の如くである。



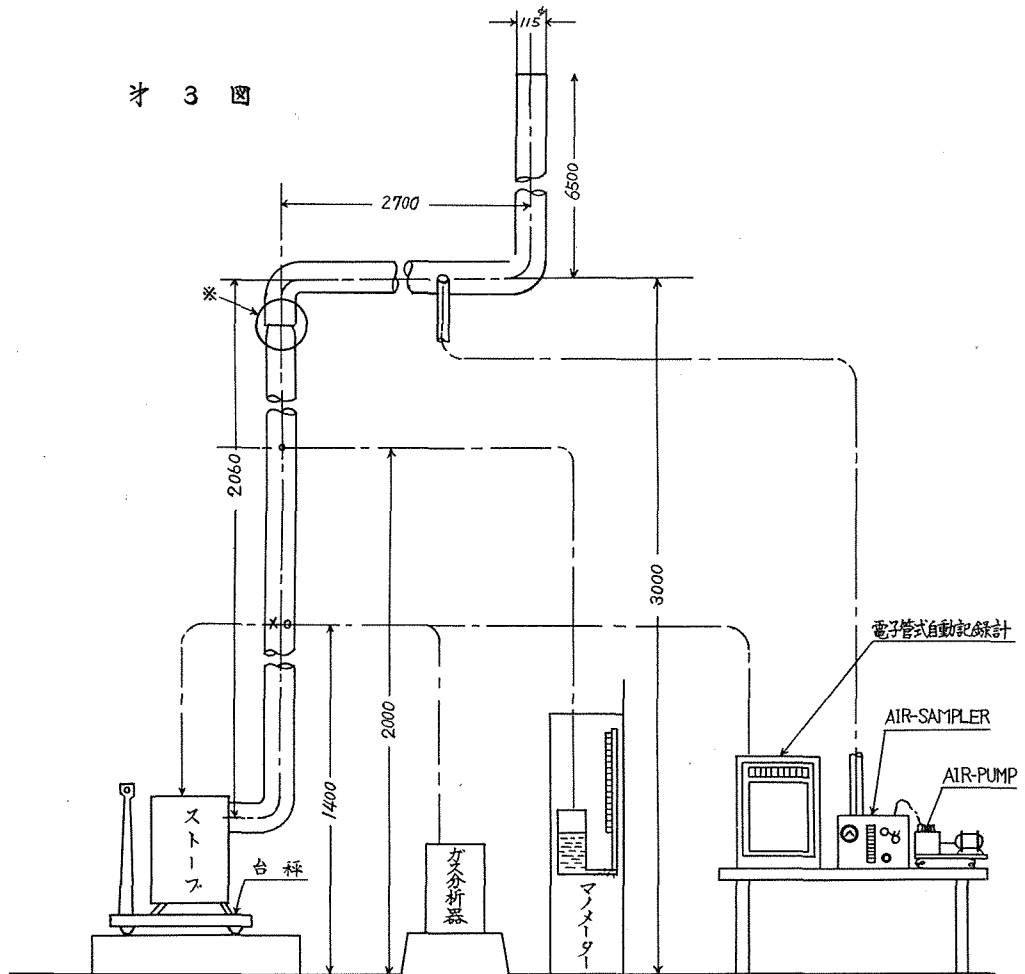
才 2 図

才 1 表

	水分%	揮発分%	灰分%	固定炭素%	発熱量[Kcal/Kg]
瀝青中塊炭	4.71	40.36	11.51	43.42	6310
ピッチ煉炭	1.95	44.52	14.48	39.05	6435

II-3. 実験装置の配置

実験は、南側に面したモルタル造りの部屋（縦7400×横5900×天井高3500[mm]）で行い、その一隅に供試ストーブを置いた。才3図は、実験装置の配置を示している。



※この部分は燃料消費量を、ストーブとともに秤量、測定するために必要な透隙をもち、普通水封処置を施す。

II-4. 実験方法

実験は、次表に示す要領で、改良型と旧型のロンペンストーブに対し、ピッチ煉炭と瀝青中塊炭を

燃料とした場合につき、1次空気および2次空気を色々変えて行い、燃料種の影響および、ストーブの改良効果を明らかにするとともに、ルンペンストーブの特性を求めた。測定は燃料が着火、燃焼し始めたことを認めてから開始した。本実験では、ピッチ煉炭、瀝青中塊炭共点火後6分至10程度で燃料に着火している。

才 2 表

A. 改良型	a) ピッチ煉炭	① 1次空気口および2次空気口全開の場合
		② 1次空気口全開, 2次空気口全閉の場合
		③ 1次空気口全閉, 2次空気口全開の場合
		④ 1次空気口, 2次空気口調節の場合
	b) 瀝青中塊炭	⑤ 1次空気口, 2次空気口調節の場合
B. 旧型	a) ピッチ煉炭	⑦ 1次空気口, 2次空気口調節の場合
	b) 瀝青中塊炭	⑧ 1次空気口, 2次空気口調節の場合

本実験に於ける測定事項は次の通りである。

1) 排ガス成分分析

これは、ストーブ出口部より850mmの高さで煙突に穴をあけ15分毎にここから試料ガスを吸引、採集し、オルザートガス分析装置で、(CO₂)、(O₂)、(CO)、定量分析を行つた。この分析結果は、燃焼状態の良否を判定する基礎となるので、煙突の取付口および継目などから外気が洩れし燃焼ガスの濃度を変えることのないよう、アスベストを用いて気密を保たせた。

2) 排ガス温度

排ガス温度の測定はガス試料採取口と同位置におき、アルメルークロメル熱電対を石英ガラス管内に挿入し電子管自動記録計により記録させた。

3) ストーブ表面温度

ストーブ上蓋中心部にアルメルークロメル熱電対をビス留めし排ガス温度測定と同様に電子管自動記録計により温度測定を行つた。これにより、燃焼室温度の変動状態を推定する。

4) 石炭消費量

これは7Kgの燃料および薪を入れたストーブを、台秤上に設置し、燃料に着火後、15分毎に、その減量を計り、燃料消費量を求めた。

5) 通風力

ストーブ出口部より145cmの所で15分毎に傾斜型アルコール通風力計により測定を行い、また随時、1次空気孔、燃焼室内の通風力も併せ測定した。

6) 煤煙濃度

才2図に示す通り、室内横煙突より $\frac{3}{4}$ 吋の塩化ビニルパイプを、エアーサンプラー(濾紙式塵埃計)に接続し、5分毎に濾紙上に煤煙を捕捉させて、その濃淡により煤煙濃度の変化を求めた。また、リングルマン煤煙濃度表による測定も随時行い、エアーサンプラーの濃度との比較を行つた。

7) 燃渣中の可燃分

燃渣は実験終了後、まとめて取出し、それより一定量のサンプルを秤量し、燃渣中の可燃分を電気炉により、完全燃焼させ、その減量を秤量した。

8) その他、室温、外気温

9) 燃焼計算に使用した諸式⁷⁾

$$Lo' = \frac{1.01 Hl'}{1000} + 0.5 \quad [Nm^3/\text{燃料}Kg]$$

$$Go' = \frac{0.89 Hl'}{1000} + 1.65 \quad [Nm^3/\text{燃料}Kg]$$

$$Hl' = Hl \times \frac{au}{1-u} \quad [Kcal/Kg]$$

Lo' = 実際理論空気量, Go' = 実際理論燃焼ガス量, Hl = 真発熱量 $[Kcal/Kg]$,

Hl' = 実際(有効)発熱量, a = 単位燃料当りの灰分 $[Kg/\text{燃料}Kg]$, u = 単位乾燃渣中の炭素分 $[Kg/\text{燃渣}Kg]$ 。

$$m = \frac{100 - (CO_2)}{100 - (CO_2)_{max}} + 0.21 \quad \text{または,}$$

$$\frac{0.79}{(CO_2)_{max}} \times \frac{(CO_2)}{(CO_2)_{max}}$$

$$m = \frac{100 - (CO_2) - 1.5(CO)}{100 - (CO_2)_{max}} + 0.21$$

$$\frac{0.79}{(CO_2)_{max}} \times \frac{(CO_2) + (CO)}{(CO_2)_{max}}$$

$$(CO_2)_{max} = \frac{21(CO_2)}{21 - (O_2)} [\%] \quad \text{または} \quad (CO_2)_{max} = \frac{21\{(CO_2) + (CO)\}}{21 - (O_2) + 0.395(CO)} [\%]$$

m = 空気過剰係数, (CO_2) = 燃焼ガス中の炭酸ガスの%, (CO) = 同じく一酸化炭素の%,

(O_2) = 同じく酸素の%, $(CO_2)_{max}$ = 最高炭酸ガス量

$$G' = Go' + (m-1)Lo \quad [Nm^3/\text{燃料}Kg]$$

G' = 実際燃焼ガス量 $(m-1)$ = 過剰空気率

$$Lc = 8100 \times \frac{au}{1-u} \quad [Kcal/\text{燃料}Kg]$$

$$Li = G' \times 3050 \times \frac{(CO)}{100} \quad [Kcal/\text{燃料}Kg]$$

$$Ls = G' \cdot Cp(tg - ta) \quad [Kcal/\text{燃料}Kg]$$

Lc = 燃渣損失熱, Li = 不完全燃焼による損失熱, Ls = 排ガス顕熱による損失熱,

Cp = 排ガスの定圧比熱 $[Kcal/Nm^3C]$, tg = 排ガス温度 $[C]$, ta = 室温 $[C]$

$$Ec = \frac{Hl - Lc - Li}{Hl} \times 100 \quad [\%]$$

$$Et = \frac{Hl - Lc - Li - Ls}{Hl} \times 100 \quad [\%]$$

E_c = 燃焼効率, E_t = ストープの放熱効率

III. 焚燃実験経過とその検討

III-1. 実験経過

A. 改良ルンペンストーブ

a) ピッチ煉炭使用

① 1次空気孔および2次空気孔全開の場合

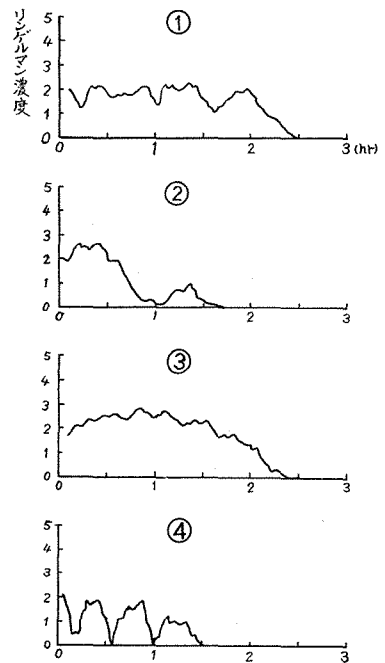
ストーブ性能が未知のため、とりあえず極限条件として、両空気孔を全開した場合につき測定を行った。

紙、薪などの点火材から燃料に着火するまで点火後7分を要している。着火後、点火材が燃え尽す頃から本格的な焰燃焼に入る。この段階では、上層部の灼熱層の輝焰輻射により、未着火材料が加熱されるため、乾溜作用が行われ、発生した揮発分は上部燃焼室に至り、2次空気と混合し、長焰の燃焼を続ける。このような焰燃焼は、1次空気の適当な供給があるため、火格子上まで及ぶ。これまでの燃焼は、2次空気が「主」で、1次空気が「従」の状態のようである。これで挿入した全ての燃料の揮発分が燃え尽くし、全体がおき燃焼の段階に入る。この境では、排ガス温度や燃焼室温度の急な降下が認められる。すなわちこの場合、才4図で明らかのように、着火後約1時間15分の間は、燃焼室温度と排ガス温度（煙突基底部から850mmの高さ）は極めて高温であるが、以後焰燃焼は急に衰え、両温度もこれに従う。その後、両温度は徐々に上昇し、おき燃焼が活発になることを示している。

なお、燃焼室温度（上蓋温度）と排ガス温度は、焰燃焼とおき燃焼の領域で逆転している。焰燃焼では、2次空気により揮発分の1部が煙突内で燃焼するのに対し、おき燃焼では、2次空気は過剰となり、空しくガス温度を冷却することになる。おき燃焼のときの空気過剰係数の変動が大きいのには、煙突出口における気流の変化によるものと思われる。エアースンプラーにより濾紙上に捕捉した煤煙は、燃料に着火後より、おき燃焼初期まで認められたが、以後はほとんど認められない。濾紙に捕捉した煤煙濃度をリングルマン濃度で表わしたものが、才5図である。

② 1次空気孔全開、2次空気孔全閉の場合

つきに、焚焼に対する極限条件として、2次空気を断ち、1次空気孔のみ開いた場合につき行った実験につき述べる。この場合点火後8分で着火したが、15分経過頃から燃焼温度の降下が急になり、約1時間後にはほとんど焚焼不能となつたため、条件を変え、2



才 5 図

次空気の補給を行つて燃焼を継続させた。初期の計画条件のもとでは、空気は流動抵抗の大きい厚い炭層を通して供給されるので、空気不足に基く不完全燃焼および燃焼温度の降下、そしてドラフトの低下が現われ、これらは悪循環を繰返す結果となつた。このような燃焼経過により、供給空気量が理論空気量を下まわるといふような現象がおきている。煤煙も、才5図に見られるように、最初、空気不足のため高濃度を示し、1時間経過の頃は燃焼衰微のため煙も少ない。条件を変更し、2次空気を送入した後は前実験①と同様な経過を辿つている。以上のことは才6図にも示されている。

③ 1次空気孔全閉、2次空気孔全開の場合

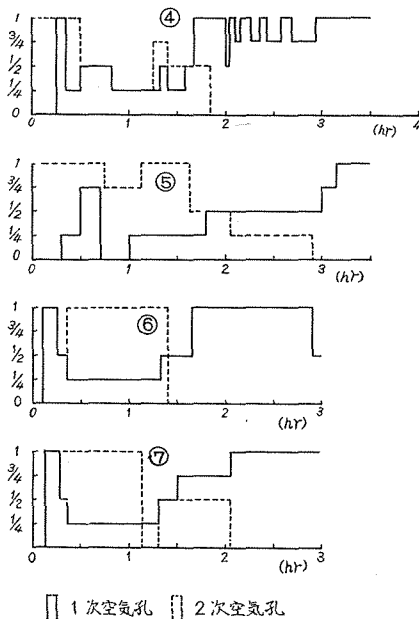
つきに、前実験②とは反対の条件を与えて実験した。この場合、点火後7分で着火し、2次空気孔をストーブ出口部へ 180° 反転、燃焼させた。燃焼は緩徐に行われたが、着火後3時間頃には燃焼が極度に衰えたので、以後、1次空気の補給を行つて焚燃を完了させた。この場合、②の実験と異り可成り長時間に亘り燃焼は続くが、火層が深部に及ぶにつれ、供給空気は燃焼室の上部を素通りし、酸素の不足をもたらし、次々に燃焼が弱まることになる。煤煙濃度も長時間に亘り高い値を示し、また、当然才7図のように空気過剰係数も大き目にてている。測定結果は才7図に示す通りである。

④ 1次空気孔および2次空気孔調節の場合

以上のように、1次および2次空気孔のいずれか1つを閉じたままで、焚燃の全期間に亘り、燃焼を続けることは、燃焼性能上不利な点が多いばかりか、不能になることさえある。ここでは、一般家庭で常用されている一使用法すなわち、採暖を主目的とした焚焼法に目標を置いて実験を進めてみた。ここで暖房と採暖とを区別しておく。暖房では部屋と云う容器の全体が暖められるのに対し、採暖で

は人間だけが、暖められる対象となる。北海道では、家屋の防寒構造が不備のため、ストーブ胴が赤熱するまで高温燃焼させ、輻射熱により暖を得るといふ採暖方式をとつている場合がかなり見受けられるが、漸次、暖房の方式に移つてきているようである。

ここでは、焚焼性能を比較検討する際の一つの基準を得る目的で、燃焼効率のよい高温燃焼を行わせた場合の実験を行つた。燃焼状態の良否を判断する指標には、通常、空気過剰係数または(CO_2)、(O_2)、の濃度などが選ばれるが、本実験では、これらの値を直示する装置がないため、燃焼ガス温度と燃焼室内の視察により、最良の燃焼状態と思われる点を掴み、その状態を保つよう、両空気孔の開度を調整した。才8図は焚焼実験中の調節経過を示したものである。空気孔の開度調整が、ガス温度の変化として応答するまでに、時間の遅れがあり、調整を滑かに行うことはできなかつた



才 8 図

が、才9図のように、結果は全般的にみて、良好と思われる。空気過剰係数(m)も、1.5程度が、ピッチ煉炭を使った場合のこの種のストーブとしては過当と考えられる。煤煙発生程度も、前の3実験に比べ少ない。

b) 石炭使用

⑤ 1次空気および2次空気孔調節の場合

つぎに、燃料として、手持ちの暖房用瀝青中塊炭を使用した場合、どのような差異を示すかを実験した。焚焼条件を前述の④と同様に保ち、基準焚状態で、異種燃料を用いることによりどのような相違を現わすかを調べた。まず、点火から着火までに10分位を要している。この場合も、両空気口開度の微細調整を続けることは、時間的に忙しく、また、一般使用の実情に合わないので、才8図のようになりに粗い調整を行つた。結果は、才10図のように前実験④と大差はなく、揮発分の多少の影響が、僅かに、ガス温度や空気過剰係数の相違となつて現われている程度であり、煤煙の発生状態も、ピッチ煉炭の場合とほとんど相違は認められない。

B. 旧型ルンペンストーブ

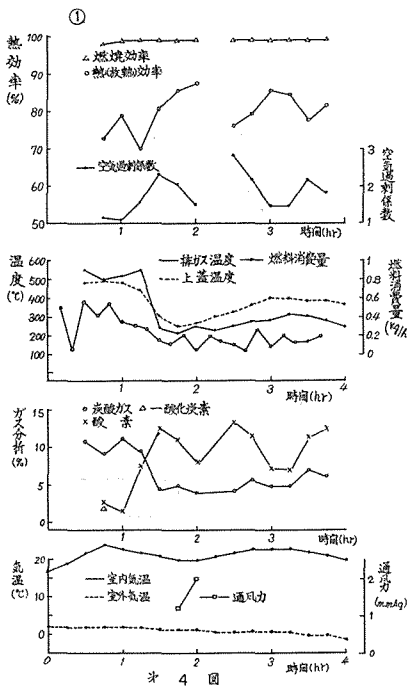
a) 石炭使用

⑥ 1次空気孔および2次空気孔調節の場合

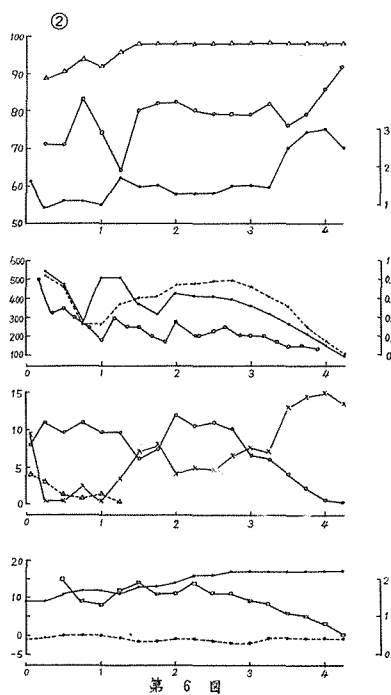
b) ピッチ煉炭使用

⑦ 1次空気孔および2次空気孔調節の場合

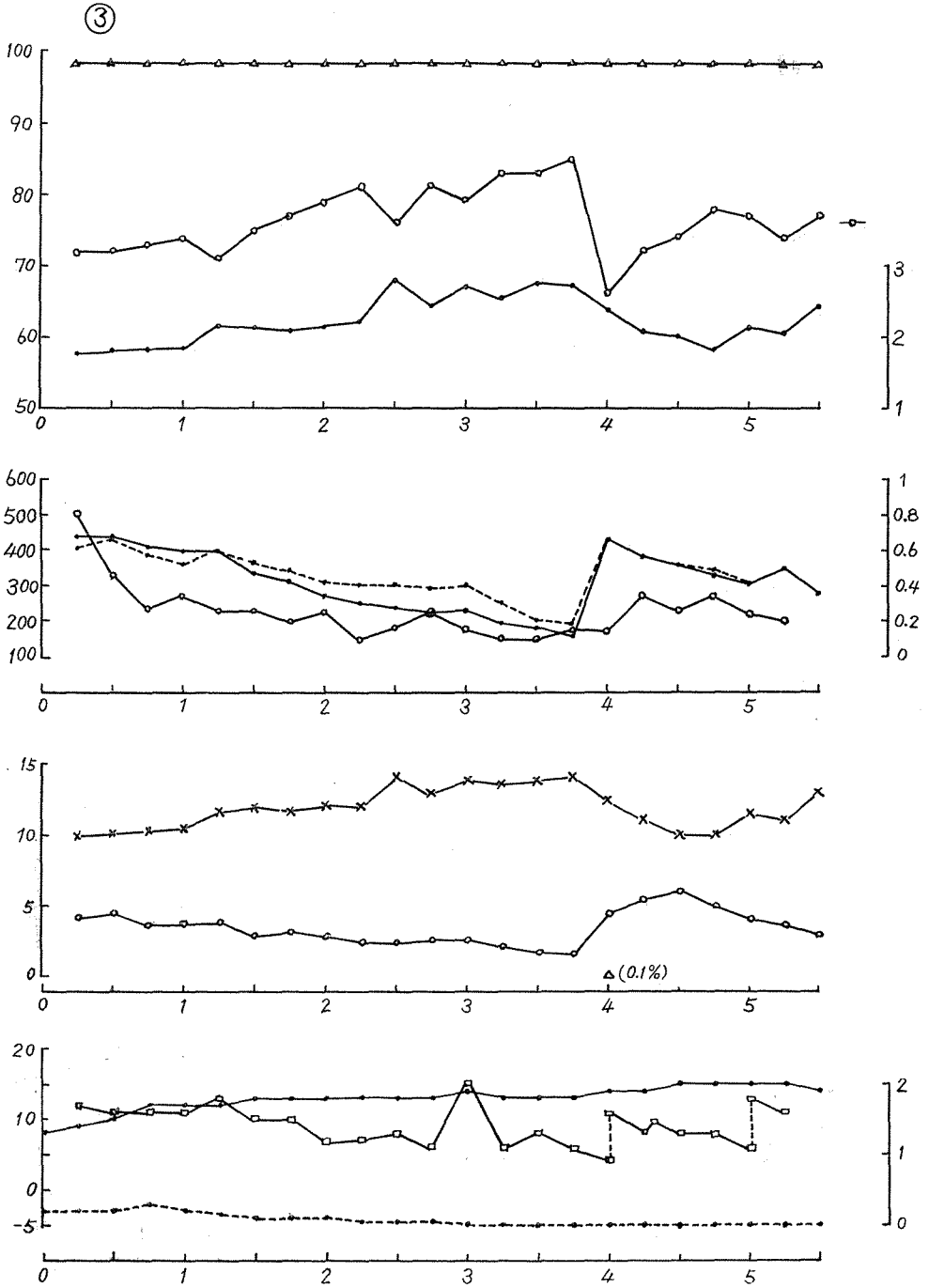
つぎに、供試ストーブを旧型に変え、燃料種も前記の瀝青炭およびピッチ煉炭を用い、実験④および⑤に準じた焚焼法で同種の実験を重ねた。実測の結果は才11、12図に示す通りである。



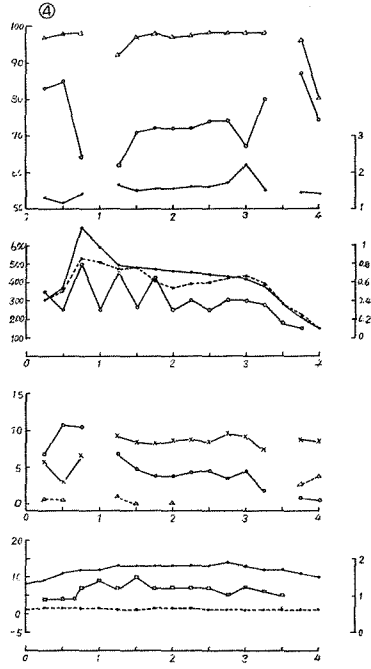
才 4 図



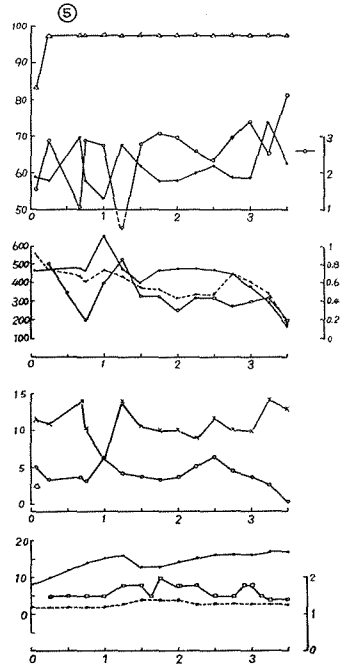
第 6 図



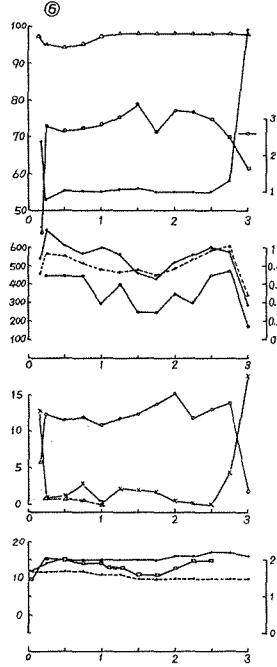
第 7 图



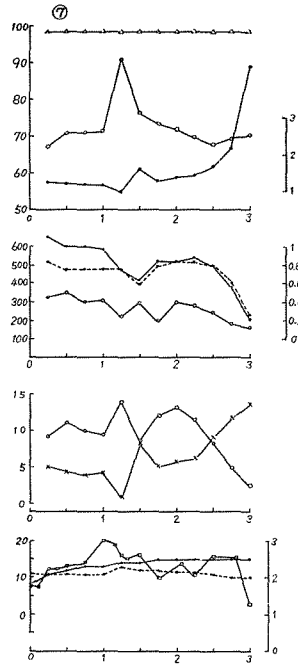
才 9 圖



才 10 圖



才 11 圖



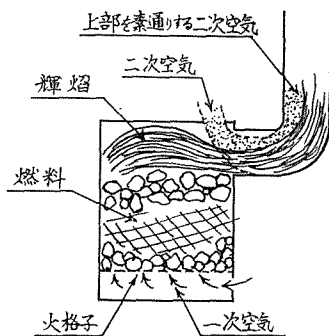
才 12 圖

Ⅲ-2. 結果の検討

以上の焚燃試験結果を比較してみる。まず、ピッチ煉炭、瀝青中塊炭の燃料の比較については、一般的にピッチ煉炭が瀝青中塊炭より着火が速かであつた。これは、ピッチ煉炭の揮発分が、石炭のそれの10%多いことによるものであると考えられる。また、揮発分の多少により焔燃焼の継続時間もピッチ煉炭の方が長時にわたつて行われている。しかし、固定炭素分はピッチ煉炭の方が少ないので、おき燃焼は石炭焚焼の場合に長く、かつ高温燃焼を示す。また残渣中の未燃炭素分は両者とも殆んど差が見られず、可燃分の1.2~1.8%にすぎない。ストーブ燃焼では、残渣中の未燃損失は可成り大きな値を示すことがあり、例えば粉炭使用の投込ストーブで、この損失が可燃分の20%以上に達するものがある。⁸⁾ また、中塊炭使用の貯炭ストーブでは7%程度との報告があるが、⁹⁾この両者の場合、火格子の調整を行つており、そのため、残渣中の未燃損失が増大したものと考えられる。この点、ルンペンストーブでは、火層の調整を行わないため、上記のような少ない値を示している。発生煤煙の時間的濃度分布も、燃料種の相違によつて影響は殆んど受けていない。以上、燃料についての比較では上記のような一長一短があるが、焚焼性能に於ては大差が認められなかつた。

そこで次に、改良型と旧型ストーブの燃焼性能についての比較検討を行う。上述のように、②および③の場合では、焚焼途中、燃焼不能となるため、ここでは比較の対象から除き、①、④、⑤、⑥および⑦について比較検討する。このうち、①を除けば、④~⑦は同一の焚焼条件、すなわち最も良い燃焼状態と思われる燃焼温度を継続させるよう、1次、2次空気の供給量を適当に調節している。①は1次、2次空気孔とも全閉した状態で焚焼しているため、焔燃焼の全盛期を除き空気は当然過剰供給となり、燃焼温度は、とくにおき燃焼過程で低い。過剰の冷空気を送入することによる燃焼温度の低下は、同時に煤の発生をうながし、一般的にみて、煤煙濃度は可成り長時間に亘り高目の値を示している。このように、全期間を通して両給気孔を全開して焚焼を続けることは好ましくない。

つぎに、改良型に対する④、⑤および旧型に対する⑥、⑦の焚焼結果を比較した場合、過剰空気の多寡が両者の間で現われている。勿論、焚焼の初期には、両者とも両給気孔の全開の状態で良好な燃焼が行われている。いま、燃焼状態の良否を判断する目安として、(CO₂)を選び、これを比較すると、改良型に比べ旧型が焚焼末期(短時間)を除き常に高濃度を示し、また、空気過剰係数も一般に低い値をとり、良好な燃焼状態を保っている。とくに、⑥の場合のおき燃焼期間では、理論空気量に



才13図

非常に近い給気で完全燃焼が行われているが、このような状態は、固体燃料使用のボイラ火炉においてさえも珍しい。また過剰空気の多寡は燃焼ガス温度にも影響を与え、旧型の方が高温燃焼期間を長く持続している。その他はあまり大差が見られない。これらを総合して検討すると改良型が空気過剰になるのは、才13図に示す如く、2次空気のうち、上部を素通りする燃焼に無関係な空気が相当入り込むためである。この事から、改良型の燃焼方法は、2次空気孔を適当に絞る、1次空気孔で調節を行うと割合良い成績が得られよう。この点については、今後実験を重ね、明らかにしたい。また、揮発分の燃焼の際は2次空

気が燃焼に対して主な役割を果たすため、2次空気の供給機構に、より一層の改良を加えるともつと良い結果が得られると思われる。例えば、燃焼室出口附近の煙突の円周に対して、接線方向に空気を送り、渦を発生させ、2次空気が完全に燃焼ガスと混合するよう設計する。またこの際、供給空気が予熱されるようにすれば、なお一層の効果があろう。このことに筆者は着眼し、予定する一連の実験に付け加えようとするものである。

IV. あ と が き

以上は、市販されている旧型および改良型ルンペンストープの焚焼性能を、ピッチ煉炭および瀝青中塊炭について比較検討した結果を報告したが、今後は、各種ストーブにつき同様の実験を重ねるとともに、中間期の暖房時などにみられるような、比較的低負荷での性能についても考慮し、また、発生煤煙の濃度測定法に改良を加え、煤煙の成因、組成について究明を行い、さらにストーブからの熱輻射等の関係についても、総合的な検討を加える予定である。

本実験を行うに当たり、種々御便宜を頂いた岡垣助教授に衷心より深謝致します。また、本実験は、当講座研究員、朝倉勝己君の協力に負う点が極めて多いので、特記して謝意を表わします。終りに実験を行う上、ストーブおよび燃料を提供して頂いた、北洋ピッチ煉炭株式会社に深く謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 札幌市煤煙防止対策委員会：煤煙防止に関する調査資料，昭35
- 2) 前掲の文献 1)
- 3) 谷下市松，大塚誠之，吉永直一，横堀進：蒸気ボイラ，共立出版社 昭和33. p.115.
- 4) 北海道大学工学部熱機関研究室：ストーブに対する沈澱粉炭利用の一例，北工熱報告8，昭23-2.
- 5) 春日進：有煙燃料用煖炉に就て，燃料研究所報告，才36号.
- 6) 北海道庁工業試験所：鑄鉄ストーブ比較試験報告書，北海道庁，昭18-3.
- 7) 黒川真武：燃焼工学，技報堂 昭35-3.
- 8) 前掲の文献 4)
- 9) 前掲の文献 5)