



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	ストーブの性能に関する実験 (II)
Author(s)	白川, 比呂志
Citation	衛生工学, 9, 23-32
Issue Date	1964-01
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/36165
Type	departmental bulletin paper
File Information	9_23-32.pdf



ストーブの性能に関する実験 (II)

白 川 比呂志*

(昭和38年12月2日受理)

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

Hiroshi SHIRAKAWA

In the previous work, the burning characteristics of coal-stoves have been studied from the standpoint of heat engineering. The present report has dealt with the black smoke exhausted from coal-stoves to investigate its behavior quantitatively by means of weighing the soot in the black smoke.

I. ま え が き

いわゆる文化生活の向上は近年とくに著しいが、これとともに、各種産業の発展に伴う大気汚染の度合もますます激しさを加え、有毒ガス、煤煙などの工場排気、または交通機関からの排気により、その汚染状態は許容限度を越え、あるいはまさに越えようとしている。ロスアンジェルスやロンドンに発生したようなスモッグ禍を惹き起さないよう万全の施策が必要である。本邦においてもかなりの都市の大気は、危険状態がいつくるかも知れぬような状態にまで来ている。また北海道のような寒冷地では、特に冬期の石炭によるビルや家庭などの一般暖房が煤煙の発生源となり、ロスアンジェルス型とは異なるロンドン型の汚染状態を示している。

大気汚染問題が社会的にクローズアップされたのは比較的最近であるが、大気の汚染状態を測定するという地味な仕事は環境衛生の分野で以前から行われていたので、その資料はかなり多い。しかし、汚染源からどれだけの汚染物がどのような形で排出されているかを測定した例は、特殊な場合を除いてほとんど見当たらない。石炭を燃料とする燃焼装置においても、炉の運転条件と発生煤煙との間の動特性を有機的に明らかにした研究も少ないようである。

前報告^{**}では、石炭ストーブからの燃焼ガスの濃度測定については、単にエアースンプラーにより濾紙上に捕捉した煤煙を、その黒さで比較することに留まつた。本報告では、新たに燃焼ガスの吸引装置を設計試作し、濾紙上に附着した煤煙の重量を実測し、これにより燃焼条件を変えたとき、発生煤煙がどのように変化するかを、定量的に掴もうとした。

* 衛生設備工学講座助手

** 衛生工学, 第7号, 昭-37・10

表 2

①	1次空気口, 2次空気口 全開の場合
②	"
③	1次空気口, 2次空気口 任意調節の場合
④	"
⑤	"
⑥	1次空気口, 2次空気口 連動調節の場合
⑦	"

本実験における測定事項はつぎのとおりである。

1) 石炭消費量

3 Kgの燃料および薪を入れたストーブを、台秤（感量 20 g, 秤量 50 Kg）上に置き、着火後15分毎にその減量を計り、燃料消費量を求めた。

2) 排ガス成分分析

ストーブ出口部より 1250 mm の高さで煙突に穴をあけ、点火5分後より10分毎にここから試料ガスを吸引、採取し、オルザートガス分析装置で (CO_2)、(O_2)、(CO)、定量分析を行った。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入し燃焼ガスの濃度を変えることのないよう、歯科用石膏を用いて気密を保たせた。

3) 排ガス温度

アルメルークロメル熱電対を石英ガラス管内に入れ、これを煤煙量測定口と同位置に挿入し、電子管式自動記録計により記録させた。

4) 燃焼空気量

ストーブの1次、2次空気口にピラム風速計を固定させ、10分ごとにそれぞれの空気量を測定した。

5) 煤煙濃度および煤煙重量

煤煙の濃度測定に対しては、リングエルマン濃度表による視察と吸引装置を使つた煤煙の重量測定を併行した。重量測定では毎分 14 [ℓ] の真空ポンプにより5分毎に濾紙上に煤煙を捕捉しその重量を精密秤量した。吸引場所は図2に示すごとく煙突出口部で、吸引ノズル孔の寸法は煙突内速度と吸引速度をできるだけ等しくするよう決定した。吸引口の面積は真空ポンプの容量より 67 [mm^2] で 3.5 [m^3/s] に設計した。No.6（東洋濾紙製）の濾紙を、試作した2個の採集器に収め、切替コックにより、5分毎に交互に試料採取を行う。

6) その他、室温および外気温

Ⅲ. 実験経過とその検討

Ⅲ-1. 実験経過

① 1次空気口, 2次空気口全開の場合

前回と同様に, 焚焼に対する極限条件として, 1次, 2次空気口ともに全開した状態で焚焼し, 焰燃焼の期間にのみ各測定を行つた。濾紙による煤煙捕集のための排ガス吸引装置は, 紙, 薪などの点火材に点火後ただちに始動し, リンゲルマン濃度表による濃度測定もこれに平行して行つた。この場合10分経過ごろから石炭の燃焼が始まり, 燃焼は次第に盛んになり, 空気口からの観察で長焰が認められた。濾紙に附着した煤煙量もこれに伴つて増加している。

まず, 点火5分後では点火用易燃物が盛んに燃焼し, 相当な煤煙が附着している。石炭に着火の際, 煤煙は一旦減り, その後急増しているがこれは, 燃焼が急激に進み空気が不足していることを表わしていると考えられ, このことは(CO_2)などの増加から伺い知られる。さらに20分で31 [mg]という最大値に達し, 35分経過ごろから漸次減少し再び増加が見られる。

一方, リンゲルマン濃度も, 焚焼初期から石炭着火までの間に, 急な減少があり, その後, 濾紙による捕集と同様に増加している。焰燃焼の盛んな期間は, 2 (度)を最高に1.5 (度)以上を上下し, 23分以後から減少し始め50分までこれが続く。ここでは石炭着火時より0.5 (度)程度低くなっているが, 再び増加を始める。しかし, 長くは続かずに, 急激な濃度減少に次いで煙は全く認められなくなった。リンゲルマン濃度と濾紙による捕集結果ははつきりした相関を示さないが, これは前者は瞬間瞬間の測定値であるのに対し, 後者は5分毎の積算値であること, また, リンゲルマン濃度測定は観測者の経験程度により不同があり, また多少の主観も含まれる虞れがあること, 雲や風の有無などにも関係することなどのためと考えられる。これらの点はリンゲルマン濃度表による測定の限界を示すものと見てよからう。

また, 煙突内温度(煙突基底部から3650 [mm]の高さ)は10分経過より30分まで直線的に上昇し, 以後次第に降下しているのが見られる。これは, 前回の報告でも明らかなように, 焰燃焼, つまり揮発分の燃焼過程(火層の上部では焚焼が進むに従つて, おき燃焼を呈する)を示すものと解される。

さらに一方, 燃料消費量は石炭着火とともに増し, 45分迄の総和は, およそ, 供試石炭の揮発分(36.8%)に近い量だけ燃えている。以上の測定結果は図3に示した。

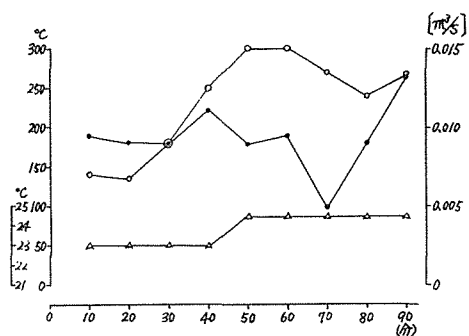
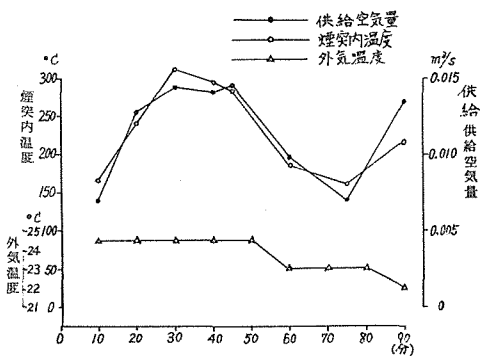
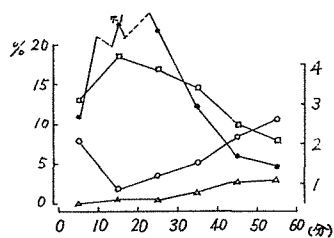
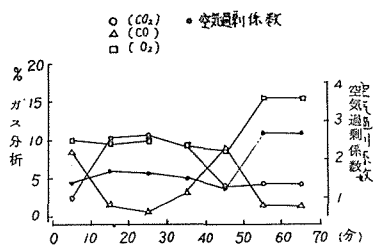
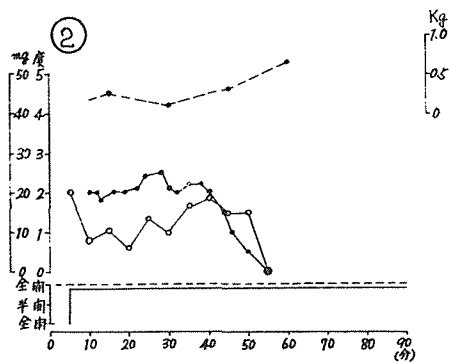
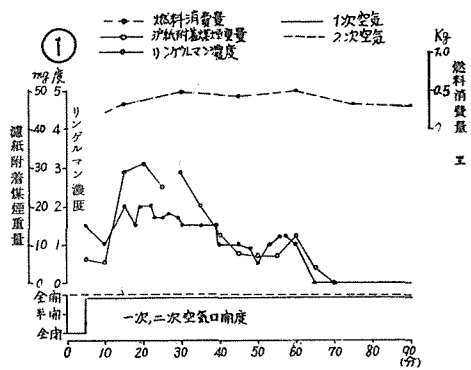
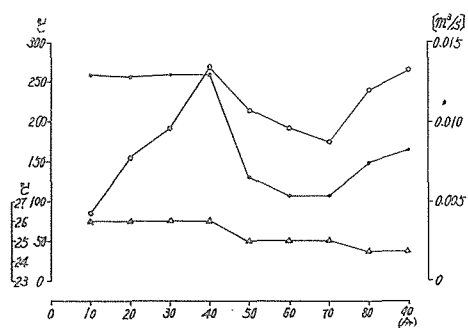
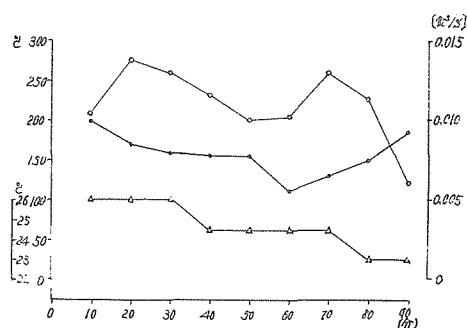
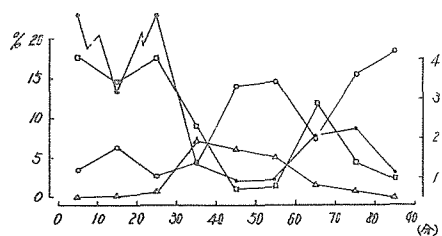
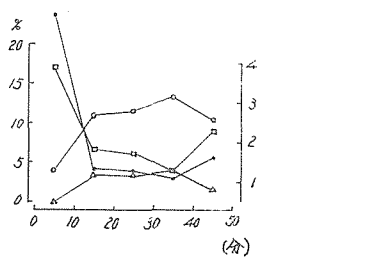
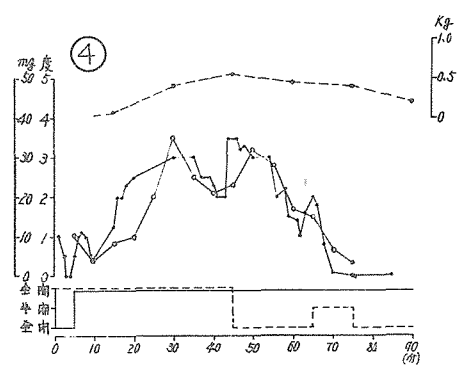
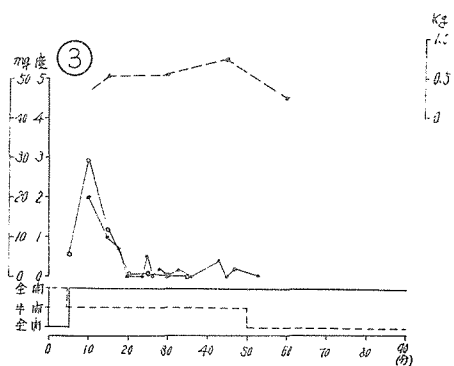


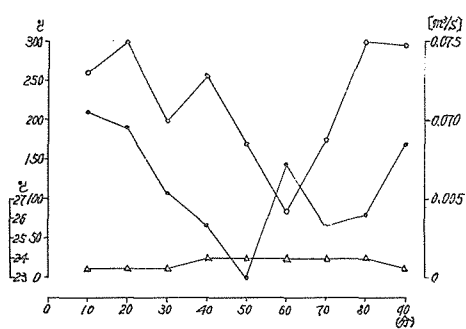
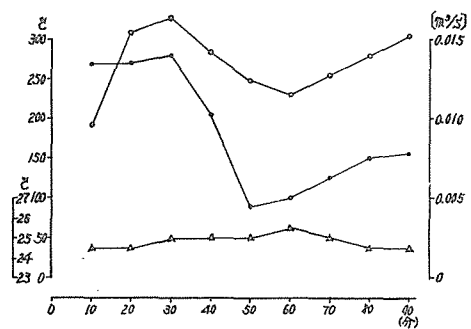
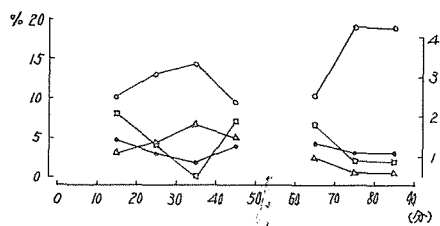
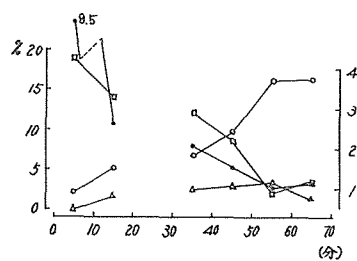
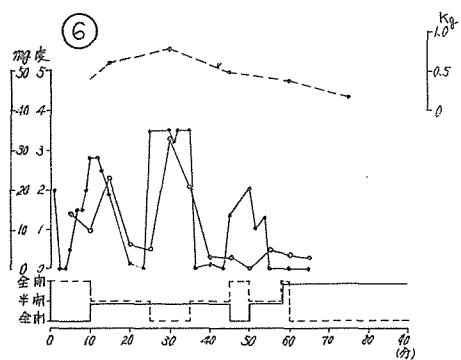
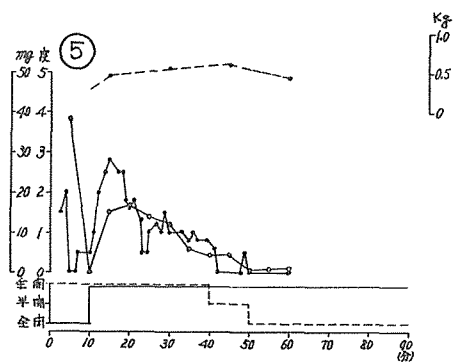
図 3

図 4



5

6



☒

7

☒

8

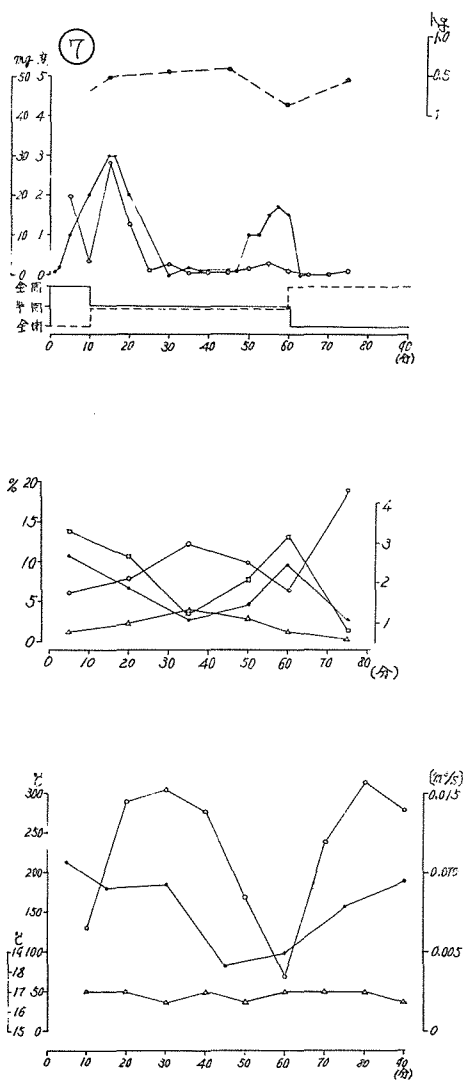


図 9

の最高を示しているが、理論空気量に近い空気量での活発な燃焼は、その後の煤煙の濃さを急激に減少せしめることとなつて表われているようである。リングルマン濃度と捕集煤煙量との相関は前例に比べると強い。

また、④では着火前後の両空気口開度を、①および②と同様にし、焰燃焼の最盛期において空気口の調節を行つた。45分から行つた給気の調整では、焰燃焼に欠かせぬ2次空気を絞り過ぎたために、煤煙が再び増加している。この時の空気量は理論空気量に満たない状態である。

一方、⑤では点火10分後まで、1次空気口を全閉し、以後④に準じた。点火と同時に点火材の爆

② 1次空気口、2次空気口全開の場合

①と同様に両空気口を全開にした状態で焚焼を行つたが、この場合の燃焼過程は、①の場合と様子を異にしている。石炭に着火する10分経過のころからの燃焼が緩慢であり、両空気口から流入した空気の大部分は、燃焼に関与せず空しく火層を冷却し、その過剰率は7.1もの高い値を示している。捕集した煤煙量も点火5分後を最高値(20 [mg])として、10分から30分経過まで、6 [mg] から13 [mg] の間を上下している。燃焼状態は25分ころから次第に盛り返し、(CO₂)は15分より上昇の一途を辿り、35分より上昇が一段と大きくなっている。またこれと同時に煤煙濃度も急減している。このように、全く同一の条件で焚焼したにもかかわらず、燃焼経過はかなり異なり、この種の燃焼設備で再現性を求めるには、ある種の熟練がいる。

③, ④, ⑤ 1次空気口、2次空気口任意調節の場合

つぎに、両空気口の開度を調節した場合について述べる。②の場合のように着火後、空気過剰係数が7.1という高い値を示している点に着目して、③では2次空気口を点火5分後に $1/2$ に絞ることにした。この場合、過剰係数は点火5分後に5.3を示し、また(CO₂)などからもわかるように、燃焼は緩慢であるが、着火後の燃焼は非常に活発に行われた。着火直後の10分ころでは、発生した煤煙量がこの焚焼過程で

発的な燃焼が起り、これがドラフトを増強せしめたようであり、そのためか、点火5分後で過剰係数が9.5を示している。附着煤煙量は38[mg]で本実験中の最高であり、着火直後殆ど零に等しい値になっている。1次空気調節後の燃焼も煙突内温度、燃料消費量、その他などからもわかるように、活発な燃焼が続き50分以後は理論空気量に非常に近い（過剰空気率0.01）状態で完全な燃焼を行っている。この時の煤煙は④に比べ、極度に低くほとんど認められない。

⑥、⑦ 1次空気口、2次空気口連動調節の場合

以上は、1次および2次空気口の開度を任意に調節した場合の実験結果である。一般に石炭ストーブの焚焼操作では、火格子調整と両空気口の開度の調節が要点になる。しかし、実際の使用状態を考えると、調節操作はできるだけ簡易化することが望ましい。その一策として、両空気口の扉を連動し、たとえば、1次を全開のとき2次を全開、逆に1次を全閉のとき2次全開、又は両者とも半開というように、開口部面積が常に全開口面積の半分となるように調整する場合を想定する。ただし、この場合は、燃焼率を低くすることに対する考慮は払わず、むしろ良好な燃焼状態をより長く続けることを対象としている。排煙温度の変化や燃焼室の観察に重点を置き、これに基づいて調節の時期を定め、その時の煤煙その他の変化を実測した。

⑥の場合は、点火から着火までの空気口開度は、⑤と同様に行い、10分に両空気口を半開にした。調節後の燃焼は、この状態でもかなり活発である。25分の調節は、計画に違反した誤操作である。煤煙の急激な増加と給気が理論空気量以下という現象を惹き起している。

⑦では、焚焼初期を⑥と反対の開度にし、10分以後⑥に準じ、この状態で燃焼が衰えるまで継続、その後、初期とは逆の開口位にした。以上の測定結果は図8、図9のとおりである。

Ⅲ-2. 結果の検討

以上の測定結果を比較検討してみると、燃焼初期の発生煤煙の変化は、①、②、④の場合では、石炭に着火する際、一旦減り、再び増加している。⑥にも同様な傾向は見られるが、この時の発生量は①、②、④より大きい。⑤、⑦では、初期の煤煙発生は急減し、特に⑤の場合にその度合いが大きい。これに反して、③の場合では着火直後、煤煙は、急増し、ついで急減している。このように燃焼の初期では、両空気口の開き方による発生煤煙の差はないようである。特に①、②の焚焼結果からいえることであるが、同じ燃焼状態を再現することは、極めて難しい。また、点火直後の燃焼状態の良否が、後続の焰燃焼全般にわたって、大きな影響を与えているが、このことはストーブ燃焼の複雑さを物語っているようである。しかし、着火後の、焰燃焼期間における2次空气の調節は、煤煙発生に著しい影響をおよぼし、④および⑥にみられるようなはつきりした傾向を示している。全般的にみて、燃焼初期に急激な変化が起る。その後の焰燃焼では、煤煙が多発するものと、そうでないものに分けられ、前者は①、②、④であり、後者は⑤、⑦および⑥である。⑤はこれらの中間のように考えられる。

また、リングルマン濃度表による測定結果と、濾紙による捕集煤煙量との相関は、前に述べたように明確でないが、捕集煤煙量に、客観性を期待し、この二つを比較した結果が図10である。

そこで次に、所定の燃料を焚焼した際、どれほどの煤煙量が発生するかについて述べる。本実験では、3[Kg]の石炭を焚焼したのであるが、表3のようにそれぞれ異なつた値を示している。⑤、⑦

表 3

	濾紙に捕集された量 (mg)	石炭 1Kg当りの煤煙 重量 (g)
①	195	8.3
②	133	5.7
③	48	2.1
④	259	11.2
⑤	115	4.9
⑥	128	5.5
⑦	78	3.3
平均	約 136	約 5.85

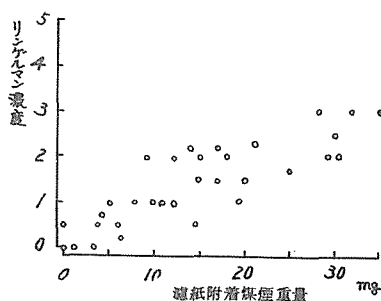


図 10

などは前に述べたような良好な燃焼効率のため、低い値を示し、特に③は2.1〔g〕であり⑤がこれに次ぐ。これらの総合平均は5.8〔g〕である。つまり約

0.6%が発生煤煙量であることを示している。札幌市の降下炭素量は消費石炭量のほぼ $1/1000$ （0.1%）に相当するという報告^{*}があるが、本実験の結果と比較すると、約6倍もの開きがある。このことは、発生した煤煙の全量が降下するのではなく、煙突内にも附着残留し、大気中に排出された量の一部は風などにより遠方に飛散し、また一部は微細な粒子となつて大気中に浮遊するのがこの原因であると思われる。

IV. あ と が き

以上は石炭ストーブから発生する煤煙を、濾紙上に附着捕集し、その重量を計測することにより、煤煙発生の特徴を定量的に求めた。今後さらに、各種ストーブ、および燃料につき、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、低負荷での特性を明らかにしなければならない。

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、当講座川合助手、朝倉技官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。

本実験は一部、昭和37、38年度北海道科学研究費補助金（「ばい煙の防止方法に関する試験研究」代表者工学部齊藤武教授）を受けて行つたことを附記する。

* 札幌市煤煙防止対策委員会：札幌市におけるばい煙の発生源と今後の施策について、昭35