



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	暖房用ストーブの燃焼性能に関する研究（第2報）：温風，FFおよびポータブル型各種ストーブの燃焼実験
Author(s)	園田，隆； Sonoda, Takashi； 谷口，博 他
Citation	北海道大學工學部研究報告， 106， 21-31
Issue Date	1981-11-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41702
Type	departmental bulletin paper
File Information	106_21-32.pdf



暖房用ストーブの燃焼性能に関する研究(第2報)
—温風, FFおよびポータブル型各種ストーブの燃焼実験—

園田 隆* 谷口 博* 田中辰雄* 早坂洋史*

(昭和56年6月30日受理)

**Study on the Combustion Performance of Stoves for Space
Heating (2nd Report)**
—Combustion Experiments of each stove of hot air supply, forced
flue(FF) and portable types—

Takashi SONODA, Hiroshi TANIGUCHI, Tatsuo TANAKA, Hiroshi HAYASAKA
(Received June 30, 1981)

Abstract

The 2nd report deals with each stove of hot air supply, forced flue(FF) and portable types.

The method of experiment is the same as that of 1st report. For portable type of stoves, however, the variations of temperature and components of gas in a room using stoves without ventilation are obtained.

The data reported here points out that the variations of the efficiency of hot air supply type with fuel consumption is relatively small and that of forced flue type is the largest in the stoves dealt with here. Furthermore the combustion experiment with portable type stoves shows that the concentrations of CO and NO_x in the room becomes much higher in about two hours. In using them actually it is very important to ventilate forcedly.

1. ま え が き

第1報では円筒形の放熱面本体から放射と自然対流伝熱によって暖房効果を得るポット式灯油ストーブの燃焼と放熱性能実験, 排出ガス中に含まれるNO_xなどの分析および燃焼室内ガス流動シミュレーションを行ってその熱効率は強制通風燃焼下では最大約73%, 自然通風下では約80%に達すること, また排出NO_x濃度が最高で約80 ppm(O₂換算値)であることなどを明らかにした。現在市販されている石油ストーブの型式をみると一時期よりその台数は減ったかに見受けられるものの温風式とよばれる強制対流伝熱によるストーブ, また燃焼用空気の吸入と燃焼ガスの排出を戸外にて行うとともにその給排気管内で吸入空気を予熱して燃焼室に導くFF式ストーブおよびポータブル型として従来より使用数の多い芯上下式あるいは最近の石油ガス化ファンヒー

* 機械工学科 熱機関学第I講座

タの取扱い量は多い状況にある。温風式ストーブは室内空気を直接加熱して強制的に循環させる型式であり室内の湿度低下、室内気流の発生による人体への不快感および塵埃の浮遊さらに必要とされる換気回数が放射伝熱を利用するストーブより多くなるなどいくつかの欠点を有しているがその熱効率は一般に高いと言われて販売されている。またポータブル型でもそのバーナ部にノズルを使用して灯油と空気の混合噴霧方式をとり入れたガス化ファンヒータは芯上下式と同様燃焼ガスを戸外に排出する型式ではないことから熱効率100%、さらには点火や燃焼量制御の取扱いが簡単であるとのことで北海道内でも注目をあつめている機種種の1つであるが、最近のように家屋が密閉構造化し自然換気量の少ない室内では排気ガスによる室内空気の汚染がどの程度に達するかは懸念されるところである。

本報告はポット型バーナを有する温風式ストーブとFF式ストーブ、さらにポータブル型として芯上下式ストーブとガス化ファンヒータを対象として第1報同様燃焼性能実験とNO_x濃度などの排出ガス分析を行った結果を述べるものである。とくにポータブル型の2機種については換気を全く行わない密閉室内で継続燃焼させ室内の温度、空気中の各ガス成分を一定時間ごとに計測、分析して調べた。

2. 供試ストーブと実験方法

図1～5には本実験に供したストーブ、また表1～5はそれぞれのストーブの要目（メーカー側表示のもの）を示している。温風式ストーブは図1～3と5のものであるが、図1、2の機種はいずれもポットバーナ上部に火炎と燃焼ガスによって加熱されるグリッド状および円筒上の放熱体を有しそこから放射伝熱によっても放熱できるよう製作されている。さらに室内空気をストーブ本体裏面に設けられた取入口より導いて上部に位置する熱交換器に接触受熱させ加熱空気（温風）として正面上部のルーバから吹き出す。図3はFF式ストーブであり、これは温風吹き出しのみである。また図5はガス化ファンヒータであり室内から吸入された空気が燃焼ガスと直接混合して吹き出す構造となっている。

実験装置および流量、温度計測さらにガス分析などの方法は図1～3のストーブについては第1報と同様であるが、図4、5のポータブル2機種は完全密閉室内で数時間継続燃焼させて室内の温度、空気中のガス組成分析を行った。図6はその試験室形状と各測定点などを示す。室内のほぼ中央に温度測定のための熱電対とガス採取口、および実験中のモニターとして使用した酸素濃

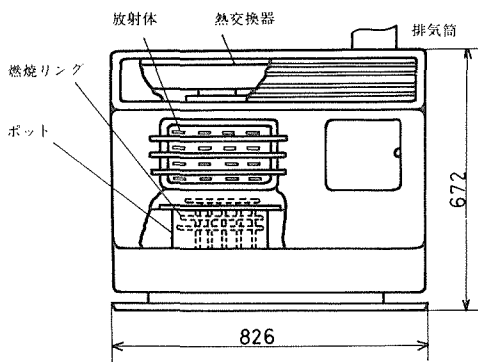


図1 供試ストーブA

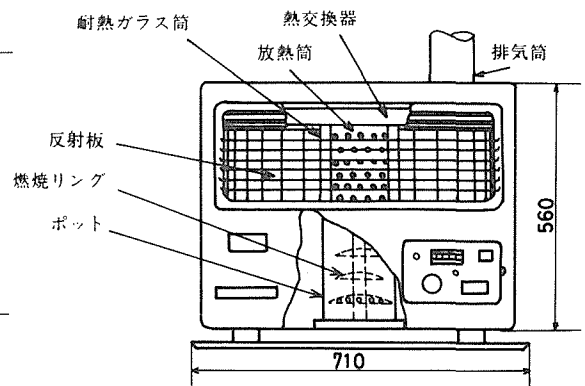


図2 供試ストーブB

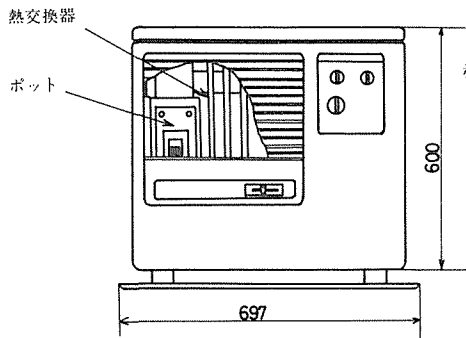


図3 供試ストーブC

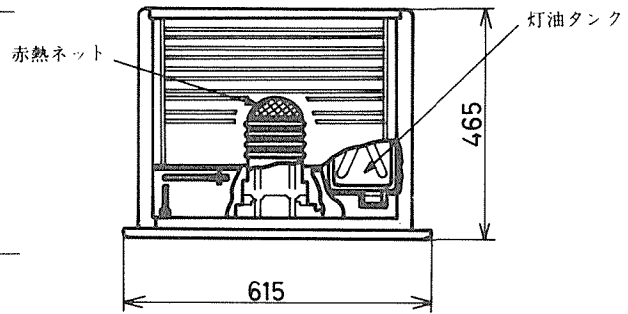


図4 供試ストーブD

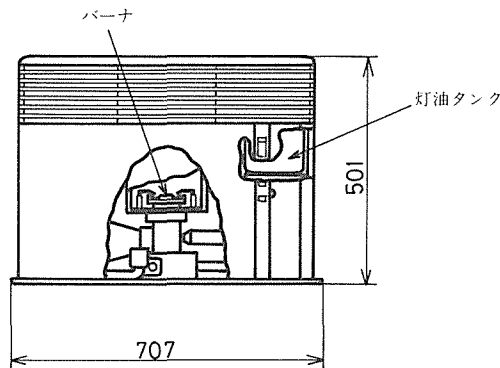


図5 供試ストーブE

表1 温風式ストーブAの仕様

種類・型式	強制通風式・強制対流型
使用燃料	白灯油(JIS 1号灯油)
燃料消費量	最大1.2 ℓ/h, 最小0.33 ℓ/h
標準適室	16.5~79.2m ²
重量	52 kg

表4 ポータブル型ストーブDの仕様

種類・型式	しん上下式・放射式
使用燃料	白灯油(JIS 1号灯油)
燃料消費量	0.26 ℓ/h
標準適室	10~14 m ² (6~9畳)
重量	11.2kg

表2 温風式ストーブBの仕様

種類・型式	強制通風式・強制対流型
使用燃料	白灯油(JIS 1号灯油)
燃料消費量	最大1.1 ℓ/h, 最小0.3 ℓ/h
標準適室	木造30m ² , コンクリート42m ²
重量	30kg

表5 ポータブル型ストーブEの仕様

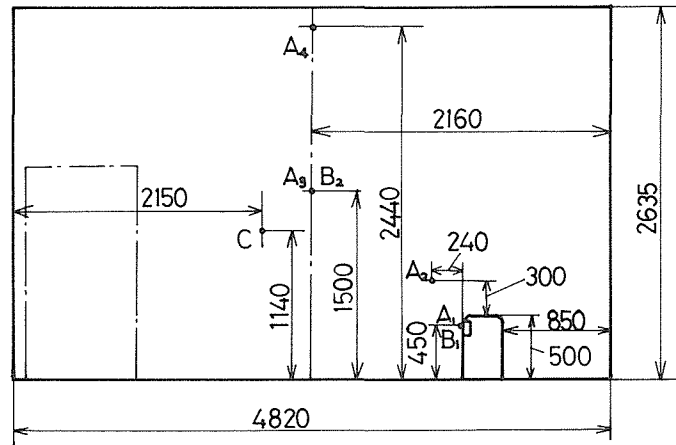
種類・型式	加圧式(ガス化燃焼方式) 強制対流型
使用燃料	白灯油(JIS 1号灯油)
燃料消費量	0.30~0.19 ℓ/h
標準適室	10~17m ² (6~10畳)
重量	21 kg

表3 FF式ストーブCの仕様

種類・型式	強制通風式・強制対流型
使用燃料	白灯油(JIS 1号灯油)
燃料消費量	最大0.495 ℓ/h, 最小0.21 ℓ/h
標準適室	木造18m ² , コンクリート25m ²
重量	32.5kg

度計のセンサーをとりつけてある。温度は自動記録させたが室内のガス採取は一定時間ごとに行いCO₂, O₂, N₂についてはガスクロマトグラフ, COは非分散赤外型CO計およびNO_x分析はNO-O₃の化学発光法を用いた自動分析器を使用して各成分濃度を求めた。さらに芯上下式のストーブDでは放熱ネット上2 cm, ストーブEでは温風吹き出しルーバの位置に熱電対とガス採取管をとりつけてその点での温度, ガス組成も測定した。

ストーブA, Bではドラフトを一定(-0.8 mmAg)に保ち燃料消費量を段階的に変えて燃焼させる方法を取り, ストーブD, Eは点火後直ちに最大燃焼位置になるよう調節して実験を行った。



試験室(4.82×2.635×2.99 m)

A₁~A₄: 温度測定点, B₁, B₂: ガス採取位置

C: 酸素濃度計センサー

図6 ポータブル型ストーブの実験装置図

3. 実験結果および考察

図7~15はストーブA, B, Cについての実験結果を示しているが各図とも横軸に燃料消費量をとって図7~9は熱効率と損失, 図10~12は各ガス組成と空気過剰係数および図13~15はNO_x濃度分析値と排ガス温度を表している。

温風式ストーブA, Bの熱効率の値は燃焼量に対しほぼ一定であり低燃焼範囲でむしろ高くなる傾向を示している。第一報にて供試した放射と自然対流による放熱を行うストーブでは低燃焼になるにしたがって熱効率は減少し放射と強制対流による放熱を行うストーブA, Bの傾向と異なることがわかる。これは燃焼量が減少して放熱面温度が低下し主に放射による伝熱量は少なくなるが強制対流伝熱を行う温風式A, Bでは低燃焼位置に移行しても対流放熱量の全放熱量に占める割合がそれ程小さくならないためにこのような結果を示すことによるものと思われる。

FF式ストーブCの熱効率の傾向は図9にみるとおり燃料消費量の増加に伴って大きくなり最高では90%を越える値を示している。これは燃料消費量あたりの熱交換器伝熱面積が大きいこと, 給排気管における空気予熱の効果等が高効率を示す理由であるが燃焼時のストーブCの消費電力を1とするとストーブがA, Bはそれぞれ0.69, 0.51であるので実際使用にあたっては電力

使用量をも考慮したエネルギー効率の点からも検討する必要がある。さらに北海道など積雪が多く外気温の相当低い寒冷地にあつてはFF式ストーブの場合給排気管を壁を通して戸外にだす構造にせねばならぬことから雪による給排気管部分での通風阻害あるいは凍結事故が考えられるので実際使用にあつては十分な注意が必要となり単に熱効率が高いということだけで適当な機種と判断することはできない。

排ガス分析の結果を示したものが図10~12である。ストーブAでは燃焼用空気量を燃料流量の変化に応じてダンパによって、ストーブBではモータの回転数(速度)変化によって制御する方

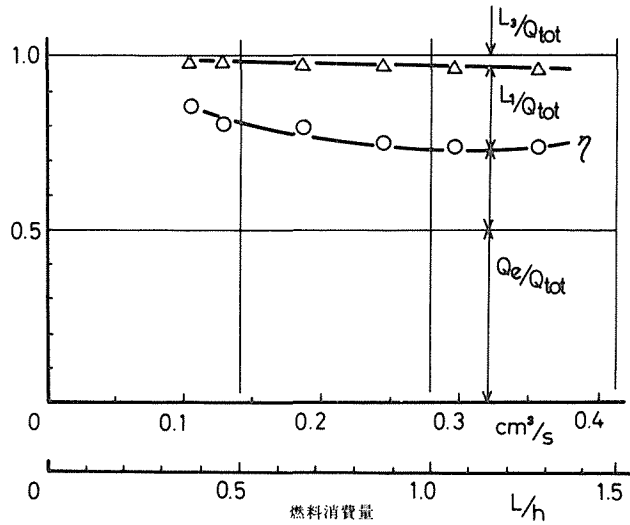


図7 ストーブAの熱効率, 損失率

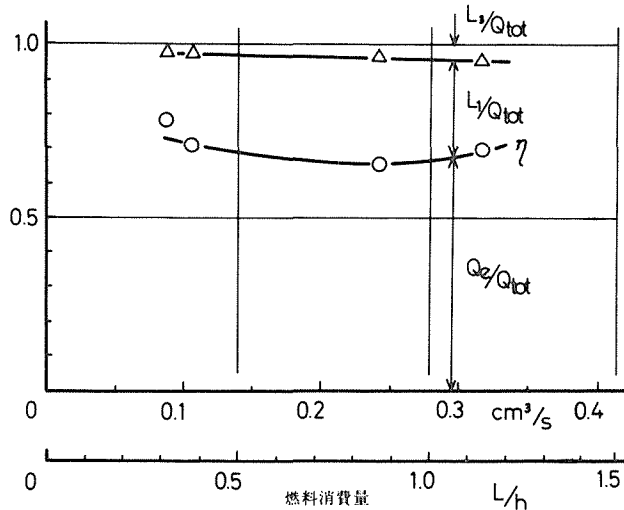


図8 ストーブBの熱効率, 損失率

式をとっているがストーブCは第1報のものと同様一定送風である。それらの空気過剰係数の燃料消費量による変化をみるとストーブA, Bでは低燃焼域を除いて比較的变化しない傾向である。しかし、とくにストーブAの最大燃焼域における空気過剰係数が約2であることから排ガス損失減少のためにはより精密な空気量制御が必要である。図7に表わされるように燃焼量の多い範囲におけるストーブAの熱効率が幾分低下する傾向を示していることは空気量をより適正に制御することによって改善が計られるものと考えられる。またストーブBの分析値を示す図11をみると空気過剰係数の変化傾向はストーブA, Cとは異なり比較的良好な制御結果となっているのでドラフト調整とあわせて適切な空気量制御がなされうるものと思われる。しかし図14にみるように排ガス温度が他に比べてかなり高いことから伝熱面積のとり方などに検討の余地があるものと考え

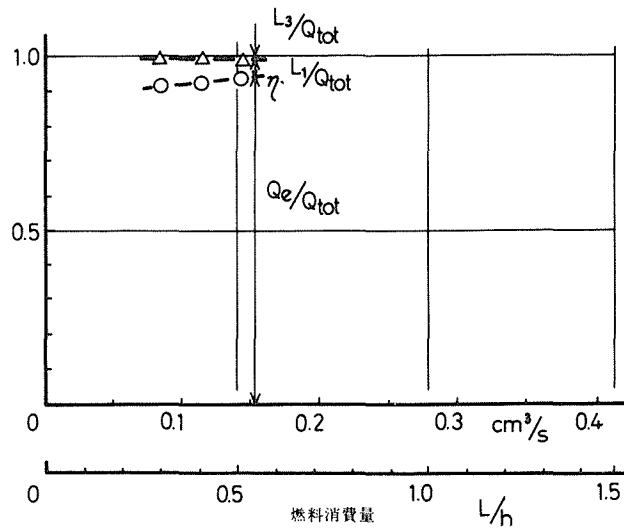


図9 ストーブCの熱効率, 損失率

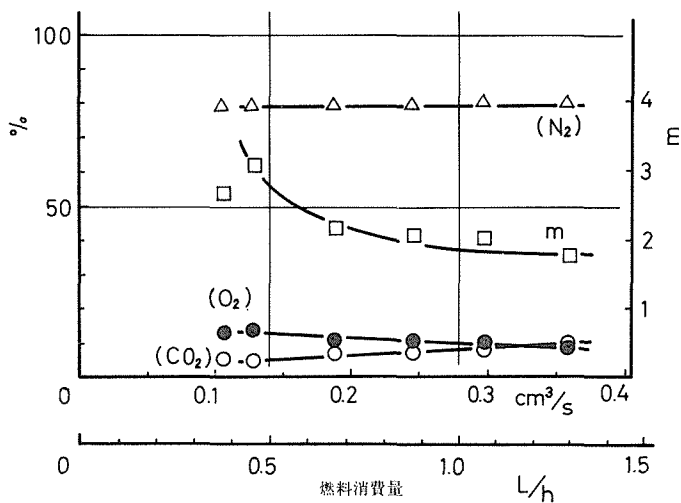


図10 ストーブAのガス分析値および空気過剰係数

られる。さらにストーブCの結果が図12に示されるが空気過剰係数の変化傾向は第1報で供試したストーブと同じである。

一方環境保全上考慮せねばならない排出ガス成分としてのNO_xおよび排ガス温度を各ストーブについて示したものが図13~15である。排ガス温度が比較的高いストーブBの場合のNO_x濃度はストーブAに比べて高く最大燃焼時の値は70 ppm (O₂換算値)に達している。また燃焼範囲が他機種に比べて小さいにも拘らずFF式ストーブCのNO_x濃度の値はかなり高くなる傾向を有している。このストーブの排ガス温度は給排気管において吸入空気に対する熱交換を行ったあとの温度となるため他のストーブよりは低くでることになり平均燃焼温度としてみなすには必ずしも適切ではないことになる。したがってNO_x生成に大きな影響を及ぼす燃焼室内の温度はかな

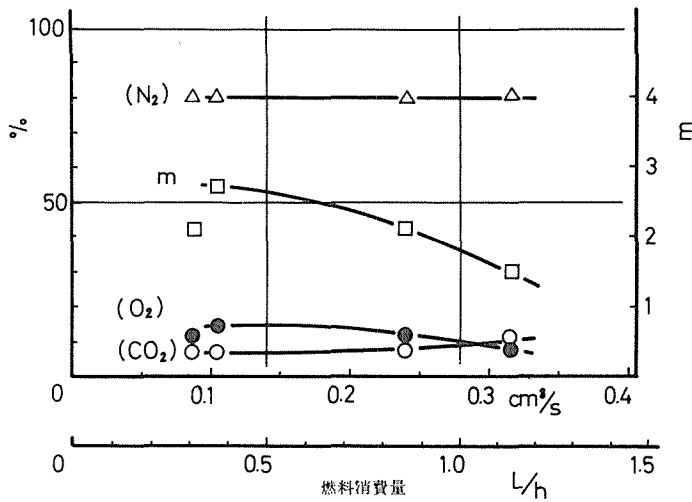


図11 ストーブBのガス分析値および空気過剰係数

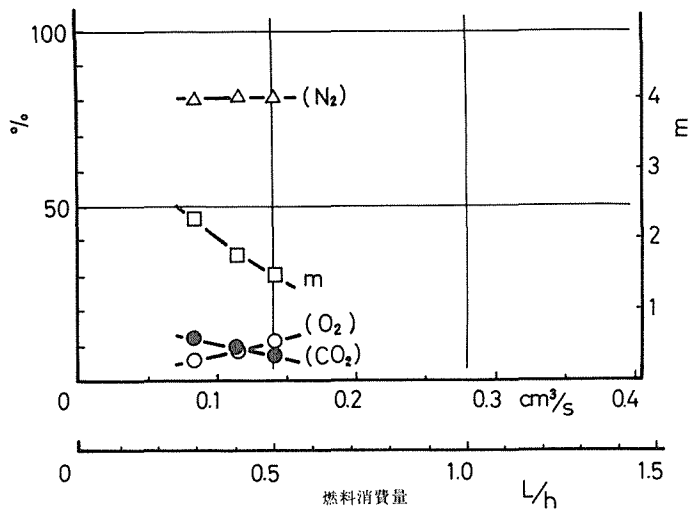


図12 ストーブCのガス分析値および空気過剰係数

り高いことが予想される。各ストーブとも最大 NO_x 濃度が50~70ppmとかなり高い値を示しているので低減のための技術的方策が検討されねばならない。

図16, 17はポータブル型ストーブD, Eについて密閉室内で数時間の継続燃焼を行わせた場合の室内のほぼ中央位置における採取ガス組成と温度の時間的変化をみたものである。ポータブル型の中ではかなり以前から春や秋などに補助的暖房機器として使用されることが多く芯上下式バーナを有し赤熱ネットからの熱放射を主として利用する方式のストーブDの場合が図16に示されている。点火後3時間後の酸素濃度 (O_2) は約19%, 一酸化炭素 (CO) 濃度は約10ppmさらに NO_x 濃度は約0.2 ppmに達していることがわかる。つぎに石油ガス化ファンヒータ方式のス

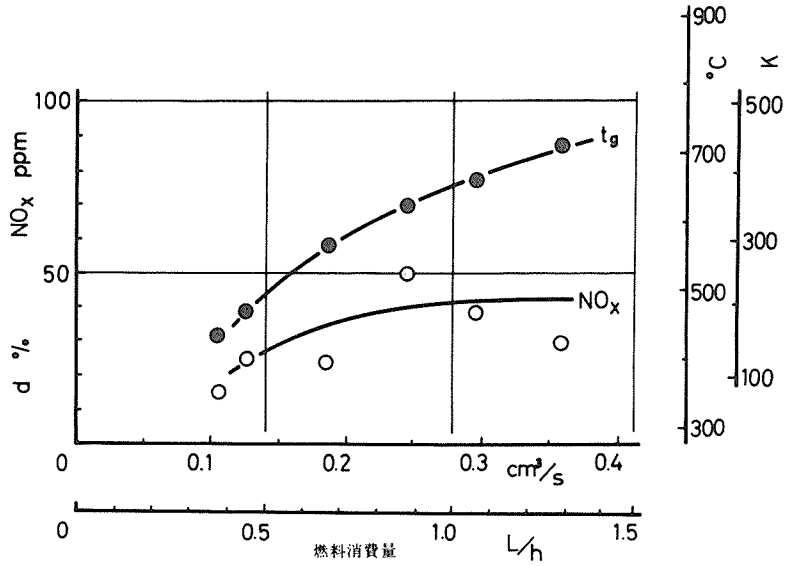


図13 ストーブAの NO_x 濃度および排ガス温度

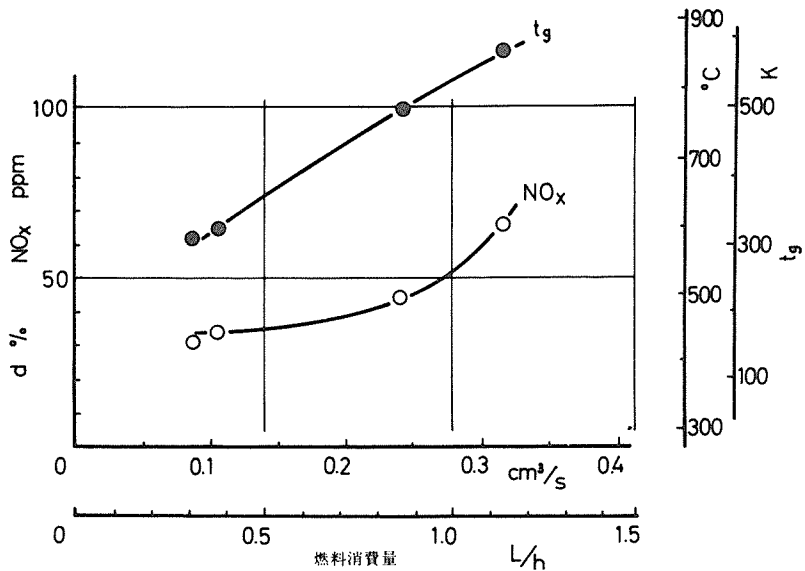


図14 ストーブBの NO_x 濃度および排ガス温度

トープEの場合が図17であるが同じく3時間後のO₂濃度は約18%、CO濃度は約12 ppmさらにNO_x濃度は約5 ppmに達している。両者では燃料消費量、バーナ構造および放熱方式の相違があるので同一の比較はできないことになるが、長時間換気を行わない状態での使用は室内空気の汚染をかなり進行させる結果となり健康上からも十分留意が必要なものとなることわかる。メーカー側の説明書には1時間に数回の換気を行うよう記載されてはいるがそれをどの程度まで行うの

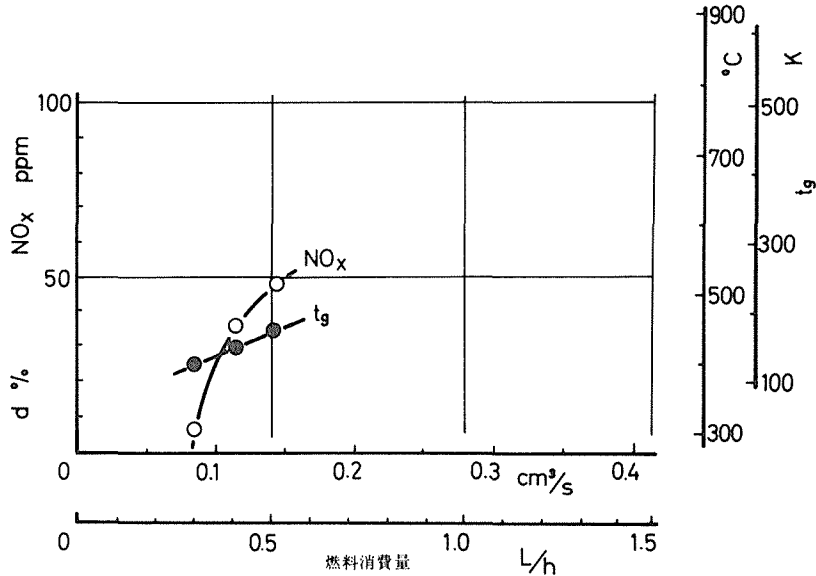


図15 ストープCのNO_x濃度および排ガス温度

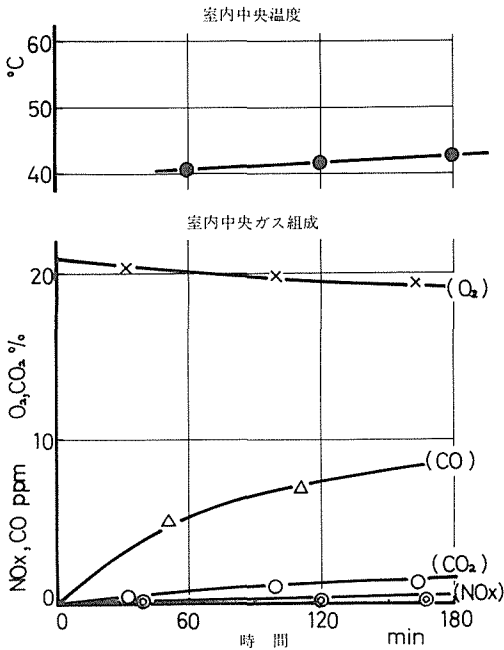


図16 密閉室内燃焼実験 (ストーブD)

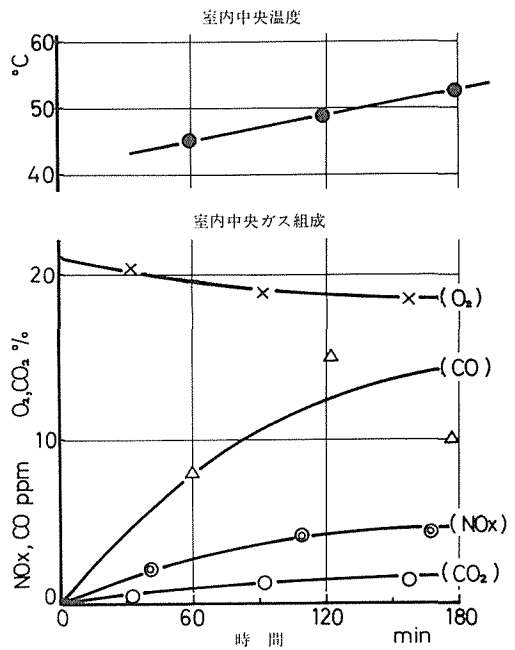


図17 密閉室内燃焼実験 (ストーブE)

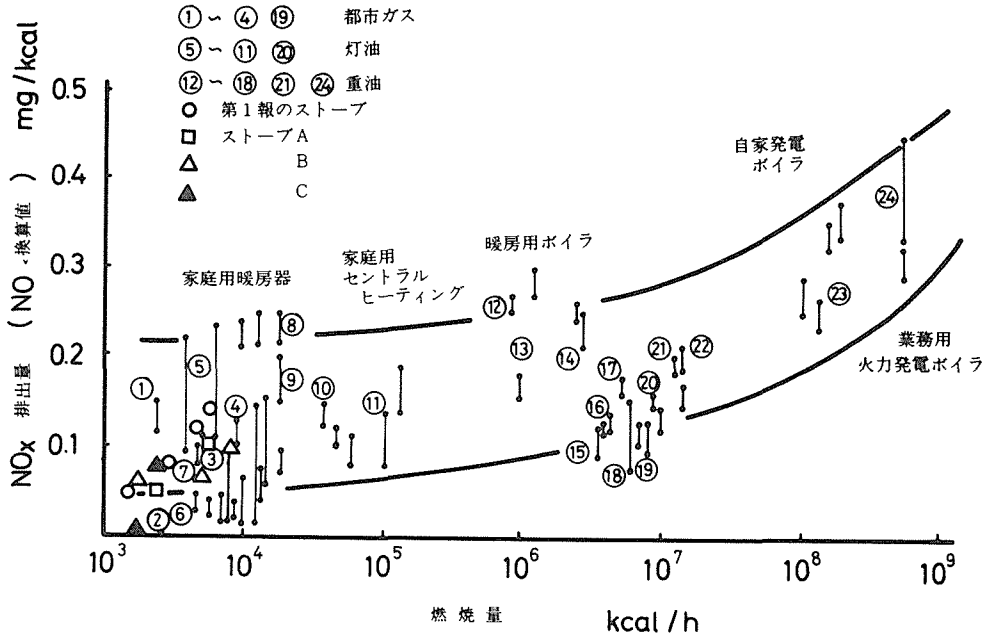


図 18 各種定常型燃焼装置におけるNO_x排出量

か、さらに実際使用にあたってそのとおり実施されるかどうかは疑問のあるところであり北海道のように冬期の気象状況がきわめて寒冷であり家屋構造も自然換気量を少なくする傾向に変わってきている今日ではこれらのストーブの使用にあたっては十分なる注意を要するところである。とくに強制的に温風を循環させるストーブEの場合、そのバーナ部、点火から燃焼調節そして消火までの操作が自動化されているなど技術的にはかなりの工夫が施されているものの高効率という面だけをとらえて使用が推奨されることは適切とは考えられない。さらに戸外へ燃焼ガスを排出しないストーブの場合には不完全燃焼が生じなければこの熱効率は100%になることになるが換気を行った場合の損失を考慮すべきであり、他機種との効率比較のためにはとくに換気損失を含めて表示されることが必要と考える。

図 18 は、著者らの所属する研究室で測定して求めた各種定常型燃焼装置におけるNO_x排出量 (mg/kcal) を示したものである。第 1 報およびここで供試したストーブ各機種の総排出量を示す点は従来の諸装置の排出量と同程度の範囲にあることがわかり大気汚染防止のために暖房用ストーブなどの小型燃焼機器に対しても何らかの規制措置の検討が必要になってきているものと思われる。

4. 結 論

ポット型温風式ストーブ 2 台、FF 式ポット型温風式ストーブ 1 台およびポータブル型ストーブ 2 台の燃焼実験を行って熱効率、排出ガス成分などを求めた。

結果を要約すると次のようになる。

(1) 放射と強制対流伝熱組合せの放熱型式を有するポット型温風式ストーブの熱効率は燃料消費量の変化に拘らず比較的一定の傾向を示しその最高効率値は約 80% である。さらに温風吹き出しのみの FF 式ストーブでは最高燃焼時のところで約 93% に達するが電力使用量はかなり多く実

際使用にあたっては単に熱エネルギーの収支ばかりでなく電力消費も含めた検討が必要である。

さらに北海道などの積雪寒冷地においてFF式ストーブを使用する際には給排気管部での通風阻害や凍結などの事故が考えられるため十分な注意が必要であるとともに適切な改良がのぞまれる。

(2) 燃焼用空気の供給方法についてみると燃料消費量の変化に応じてダンパ制御、送風機の回転数制御および一定送風のものなど各種の方法がとられているが燃焼調節範囲の大きな機種の場合には一定送風式のものと低燃焼域においてかなりの過剰空気状態となり排ガスによる損失増大の主要な原因となる。ここで供試した温風式ストーブ2台は空気量制御を行うものであるがドラフト設定とともにより適正な空気量確保がなされるため検討が必要である。

(3) 排出ガス中のNO_x濃度はポータブル型2台を除いた3機種のストーブともかなり高く最高で約70 ppmとなっている。他の燃焼装置との比較においても同程度の排出量を示していることから低減のための方策がとられていくべきである。

(4) ポータブル型2台のストーブについては密閉室内で数時間継続燃焼させた場合の室内の温度および空気組成の変化を求めた。その結果全く換気が行なわれない状態でこれらのストーブを数時間燃焼させると酸素濃度(O₂)が大きく減少するとともに一酸化炭素(CO)およびNO_x濃度の増加を招き通常大気環境に対して定められているNO_x濃度規準値の約100倍にも達する。最近のように自然換気を少くした家屋構造において長時間これらのストーブを使用して暖房することは適切とはいえない。

5. あ と が き

本研究を実施するにあたり費用の一部は空気調和・衛生工学会北海道支部研究助成金（支部研究助成金および市民生協，北大生協委託研究費）の補助をいただいた。

また実験を行うにあたり北海道工業試験場工業装置部熱技術科の方々よりご協力いただき、測定やガス分析および図版の作成には北大工学部学生岸上晃海氏，柳瀬雅人氏，鷺沢輝芳氏さらに北大大学院学生小熊正人氏の助力を得た。ここに付記して謝意を表する次第である。

参 考 文 献

- 1) 谷口・園田ほか：暖房用石油ヒータの燃焼性能に関する研究（第2報 温風式およびFF式ストーブの燃焼実験），空気調和・衛生工学会北海道支部第15回学術講演論文集，（昭56-3，札幌），p. 42