HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	暖房用ストーブの燃焼性能に関する研究（第1報） : ポット式灯油ストーブの燃焼実験及び流動解析
Author(s)	園田, 隆; 谷口, 博; 田中, 辰雄 他
Citation	北海道大學工學部研究報告, 106, 9-20
Issue Date	1981-11-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/41699
Type	departmental bulletin paper
File Information	106_9-20.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北海道大学工学部研究報告
第106号（昭和56年）

Bulletin of the Faculty of Engineering,
Hokkaido University, No.106 (1981)

暖房用ストーブの燃焼性能に関する研究（第1報）
―ポット式灯油ストーブの燃焼実験及び流動解析―

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 (lst Report)
—Combustion Experiments and Analysis of the Vaporizing Pot Type Kerosene Oil-fired Stove—

Takashi SONODA, Hiroshi TANIGUCHI, Tatsuo TANAKA, Hiroshi HAYASAKA

(Received June 30,1981)

Abstract

The purpose of this investigation is to present the results of experiments and analysis showing the heating effect and the combustion performance for several kinds of stoves, which have been used as an individual heater for space heating in residences and offices.

The lst report describes thermal efficiency,heat losses, components of emissive gas, such as CO_2,CO and NO_x, and the distribution of the surface temperatures and the radiant heat for a vaporizing pot type kerosene oil-fired stove, a typical one, with fuel consumption.

The data reported here demonstrates that the maximum thermal efficiency of this stove attains about 80% and the maximun NO_x concentration is about 80 ppm. The result of a simulation analysis by computer is also reported to obtain gas flow patterns.

1．ま　え　が　き

北海道などの寒冷地における冬期の暖房方法としては各室にストーブを設置して行う個別暖房からいわゆる中央暖房（セントラルヒーティング），集合暖房および地域暖房と多様化しつつある現状を迎えている。暖房機器という点からみても石油（主に灯油）および石炭，薪，ガスそして電気の各ストーブ，ボイラを設置して温水あるいは蒸気発生を行い従来からの組合せラジエータ，パネル型ラジエータあるいはコンベクタなどの使用，および加熱空気を供給する空調方式の採用，さらに最近では太陽熱を利用する機器やヒートポンプによる方式などシステム化による取扱いの簡便さの追求とともに省エネルギの目的にかなう機器の開発と進展がみられる状況である。しかし，かつての石炭から石油に燃料転換が行われてきたという背景はあるもののストーブを使用する暖房方法は依然多くその中でもポット式石油ストーブの使用数は全体の70～80%に達しているとの報告[1]もある。また北米，オーストラリア諸国をはじめとする世界の各地域に対して日本で

* 機械工学科　熱機関学第1講座

製作されている石油ストーブの輸出台数が最近増加しており昭和54年度における総輸出数は100万台を越え国内販売数の1/3にも及んでいることが報道されている。[2] これは「省エネルギ」優先の時代を迎えて従来の全室暖房を行うセントラルヒーティングから各室暖房へきりかえざるをえない状況の反映であると思われる。

また，石油供給不安定の時代を迎えつつある現在では石炭や薪などを燃料とする比較的小型のボイラやストーブの開発が必要であるとの認識も大きくなりつつあり，そのための技術開発や研究が各所で再開され始めてきている。[3),4)]

主に灯油を燃料とするストーブの暖房放熱型式をみると本体放熱面および直接火炎などからの熱放射を主として利用するもの，あるいは燃焼筒や煙突までの間に設けられた熱交換部に送風機によって室内からとり入れられた空気を接触させて加熱し供給する，いわゆる温風式とよばれる強制対流伝熱を利用したもの，さらにはこれらを組合せたものなどが見受けられる。

一方エネルギ有効利用の課題がわれわれの家庭における生活をはじめとするいわゆる民生部門においても強く要請されてきている今日では，これらのストーブに対しても従来から追求されてきた安全で「利便性」の大きい機器としての特性とともにエネルギ消費装置としての点から効率よく燃焼，放熱させてその暖房効果を高めるべき技術的検討の必要性が一段と大きくなっているものと思われる。またストーブを購入して実際使用する者の立場からは毎年モデルチェンジをして販売される各種機器の中から所要の暖房能力，安全性および使いやすさなどの条件を満たすものに加えて経済性に結びつく燃料消費の少い機種の選定のために必要な知識を得たいとする関心も急速に大きくなってきている。[5)]

必要な検討課題の中で現在とりあげられている例としてはストーブの有効暖房能力を示すこととなる「暖房適室」表示が単に面積だけでなく使用する地域の気象条件や建物の熱的特性を考慮してなされるべきだとの観点からの考察[6)]がある。さらにストーブから排出されるガスの中のとくに窒素酸化物（NO_x）に着目してその測定と環境保全上考慮されねばならない規制のための指針について検討している研究[7)]がある。

各メーカーが製作するストーブはJIS検定に合格するかどうかの試験を受けた後市場に供される制度が現在採られているがそれらの熱効率，放熱特性および排出ガス分析などの資料が発表されている例はきわめて少い。さらに燃焼装置としてみる場合，バーナの性能や燃焼室内のガス流動と壁面への伝熱について十分な検討がなされているとは言い難い現状にある。

本研究は暖房用ストーブの燃焼性能に主眼をおいて，従来から使用に供されてきている各種機器の性能把握に努めるとともに燃焼室内および放熱面からの伝熱と流動の解析を行ってエネルギ効率のよい型式と使用法を求めることを目的とするものである。また排出ガスが環境に放出された場合の影響を調べるため窒素酸化物（NO_x）などのガス分析を行って燃焼条件の変化が排出量に及ぼす関係などを求めることとする。

この報告ではまず最初に北海道において暖房用として消費されているエネルギについて考察しつぎに使用されている機種のうち代表的なものの1つであるポット式灯油ストーブの燃焼実験と燃焼室内ガス流動シミュレーションを行った結果について述べるものである。

2．北海道における暖房用エネルギの消費実態

北海道におけるエネルギの供給と消費の統計資料は従来あまり多くはなかったが最近とりまとめられた報告書[10),11)]を参照して全体のエネルギ需給を概観するとともに暖房用に消費されるエネルギ量を考察していくこととする。

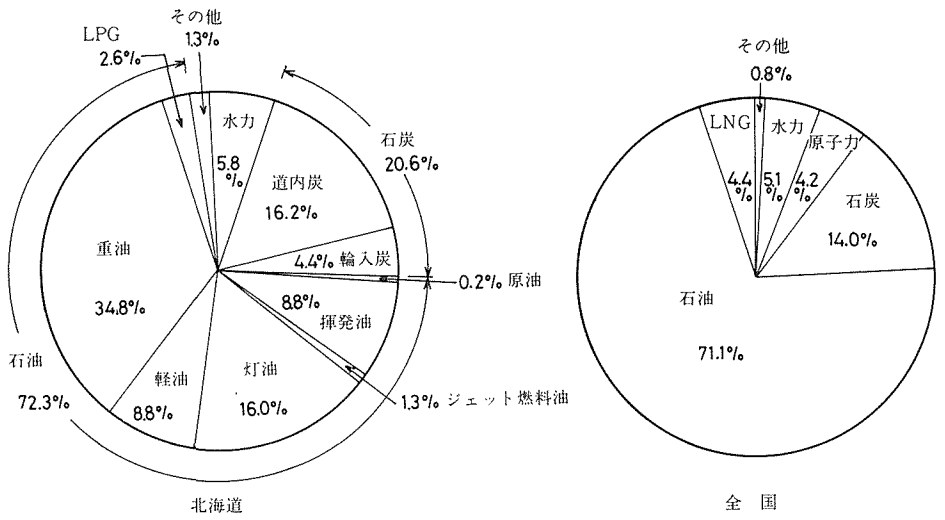


図1　1次エネルギ供給の種別構成（昭和54年度）

図1は昭和54年度における北海道と全国の1次エネルギ供給のエネルギ種別構成を示したものであるが，石油と石炭への依存率が全国よりも大きいことがわかる。また道内炭と水力の合計は約22%でありこの分は一応自給エネルギとみなすことができるので全国よりも高い自給率を有していると言うことができる。さらに全消費エネルギについて各部門別消費割合を示したのが図2であるが全国のデータは昭和53年度のものであるとともに資料統計の手法が両者では若干異なっているものの民生用エネルギ消費の割合は北海道の方がかなり大きく全国のほぼ1.8倍となっている。

本報告でとりあげたポット式灯油ストーブを多く使用していると思われる一般家庭におけるエネルギ種別ごとの比較および用途割合を示したものが図3である。灯油の割合が約59%であるとともに用途では暖房に約58%消費されている。さらに図4は一般家庭の暖房に消費されるエネルギのうちエネルギ種別ごとの内訳を示しているが灯油による割合が約88%ときわめて高い値である。このうちストーブに消費される量がどれくらいまでに達するかは現在のところ求められていないがそのかなりの部分を占めていると推測できる。

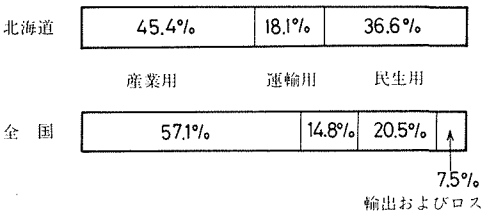


図2　エネルギ部門別消費割合

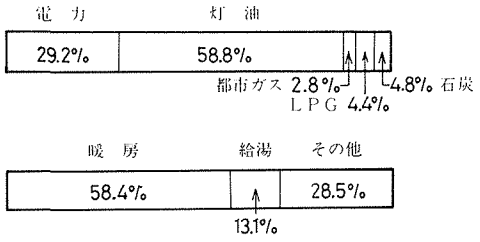


図3　北海道の一般家庭におけるエネルギ種別および用途割合

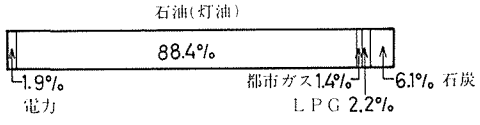


図4　北海道の一般家庭における暖房に消費されるエネルギ種別

一般家庭において暖房に消費されるエネルギ量は昭和54年度の場合，合計 2109.42×10^{10} kcal (8.832×10^{7} GJ)でありこれは北海道で消費される全エネルギ量の約11%になる。またそのうちの灯油消費量は1864.60×10^{10}Kcal (7.8069×10^{7}GJ) でありこれが全エネルギ量に占める割合は約10%となる。

したがって，一般家庭における暖房エネルギ消費量は全体からみればそれ程大きいとは言えないが石油の供給が不安定となった過去の一時期にみられたようなパニック状態が生ずれば容量は小さいが数の多いストーブによる暖房方法をとっている現在では生活に及ぼす影響は極めて大きくなることが予想されるので今後とも十分な政策上の配慮が必要であると思われる。また他方ではストーブをはじめとする暖房機器やシステムに関する技術的改良の努力と方策の検討，例えば熱併給発電システムの実現やヒートポンプをさらに普及させていくなど次代に適合する技術開発が一層重要となってくるものと思われる。

3．供試ストーブと実験方法

図5は本実験に供したポット式灯油ストーブであり，表1はその要目（メーカ側表示のもの）と使用燃料である灯油の分析値を示したものである。本ストーブは放熱面から主として放射伝熱により暖房を行う型式をとっているもので使用台数の多い代表的機種の1つと思われる。また燃料灯油の元素分析値では炭素（C）と水素（H）以外の成分として排出ガス中の有害成分生成に関係のあるイオウ（S）および窒素（N）分は1%以下の微量であるため今回の分析では検出されていない。

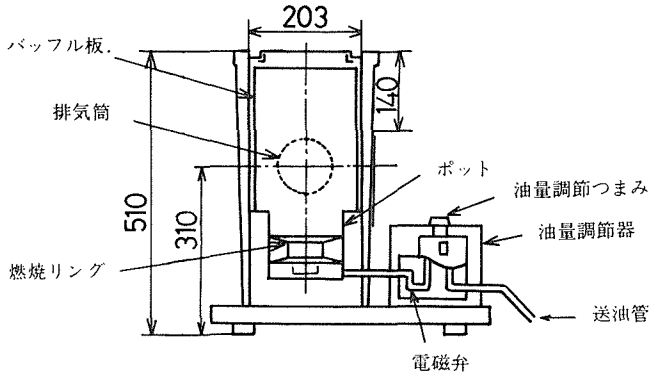


図5　供試ストーブ

油タンクから送られる灯油は油量調節器，電磁弁を通って円筒形のポット内に入り蒸発気化して空気と混合の後燃焼する。また燃焼用空気はシロッコファンにより室内から吸入されてポット外壁に沿って流れポットに設けられた小孔から内部に供給される。停電時には電磁弁が作動して灯油流量を絞り自然通風下で燃焼できるように設計されている。

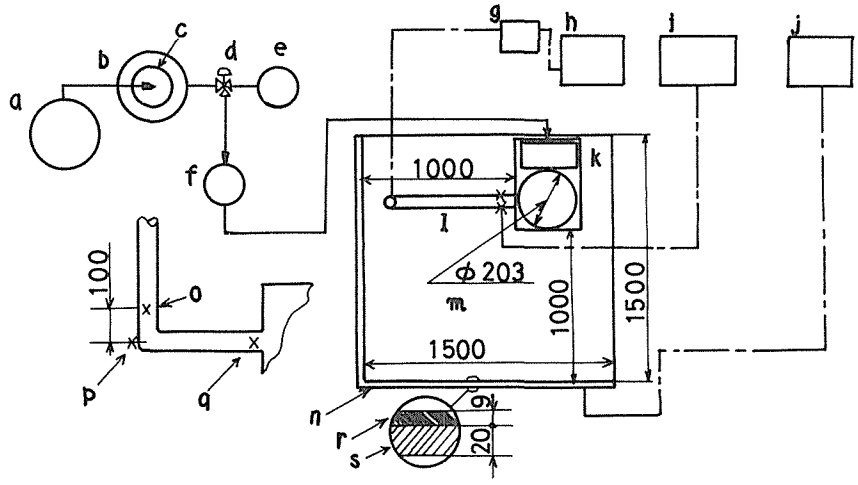
図6は実験装置（平面図）を示しているが，試験室および各測定項目などはJIS 2039－

表1　ストーブの仕様

種類・型式	強制通風式・自然対流型
使用燃料	白灯油(JIS 1号灯油)
燃料消費量	最大0.9ℓ/h，最小0.3ℓ/h
標準適室	7～33m²
重量	14.3 kg

燃料灯油分　値

元素分析	C85.67%，H14.1%
高発熱量	11020 kcal/kg
比重	0.797 (15/4℃)



a．灯油サービスタンク
b．灯油重量測定用秤
c．メスシリンダー
d．三方コック
e．流量測定用ガラス管
f．流量計
g．ディジタル圧力計
h．ドラフト記録計
i．温度記録計
j．温度記録計
k．供試ストーブ
l．排気筒
m．木台
n．木壁
o．ドラフト測定位置
p．ばい煙濃度測定位置
q．排ガス温度測定およびガス採取位置
r．ラワンベニヤ
s．スタイロフォーム

図6　実験装置（平面図）

1976に準拠している。燃料消費量は実験開始および終了時に重量を直接秤量して求めた。なお取りつけてある流量計は補助的に使用されている。排ガス温度，ストーブ放熱面温度，木台および木壁表面温度，油量調節器内灯油温度などはCA熱電対（0.32 ϕ）および表面温度計を使用して計測される。室内空気温度の測定には水銀温度計を用いた。さらにドラフト測定には圧力変動を金属ダイアフラムで検出する型式のディジタル圧力計を用いた。またストーブ放熱面よりの放射熱量測定にはサーモパイル型の放射計を使用した。

ストーブ排気筒の所定の位置から採取した排ガス中のCO_2，O_2，N_2およびCOはガスクロマトグラフにより求め，NO_x，SO_x，HCNなどの成分分析も行った。NO_x分析はJISK0104－1974に定められている亜鉛還元ナフチルエチレンジアミン法によった。またSO_x，HCN成分は市販のガス検知管を用いて測定した。さらにスモークメータ（ボッシュ方式）を使用して排ガス中のばい煙濃度を求めた。

実験はドラフトを一定（－0.7 mmAq）に保ち燃料消費量を段階的に変えて燃焼させ各部が平衡状態にある時間内に測定が行われるようにしJISに定められる方法に準じて行った。

4．実験結果および考察

図7～9は最小から最大燃焼までと停電時の自然通風燃焼を行った際の熱効率，ガス分析値および排ガス温度などを示したものである。図7に示される熱効率は次式により求められる。

$$\eta=\frac{Q_e}{Q_{tot}}$$

$$=1-\frac{L_1+L_2+L_3}{Q_{tot}} \qquad (1)$$

ここで，Q_{tot}：燃料の入熱　kcal/h {kJ/h}，Q_e：有効放熱量　kcal/h {kJ/h}，$Q_e=Q_R+Q_c+Q_o$，Q_R：放射放熱量　kcal/h {kJ/h}，Q_c+Q_o：対流放熱量ほか kcal/h {kJ/h}，L_1：乾排気ガスによる損失量　kcal/h{kJ/h}で $L_1=1.867c\ Cpm\ (t_g-t_a)/\{(CO_2)+(CO)\}$，c：燃料中の炭素割合，Cpm：排ガスの定圧比熱　kcal/Nm³℃ {kJ/m³K}，t_g，t_a：排気および給気温度　℃，(CO_2)，(CO)：燃焼排ガス中の二酸化炭素および一酸化炭素容積比，L_2：不完全燃焼による損失熱量　kcal/h {kJ/h} で $L_2=1.862c\times 3.05(CO)/100\{(CO_2)+(CO)\}$，$L_3$：排ガス中の水蒸気による損失熱量 kcal/h {kJ/h}で $L_3=(w/100+9\,h/100)\ Cpw\ (t_g-t_a)$，w，h：燃料中の水分および水素割合，Cpw：水蒸気の定圧比熱　kcal/kg℃ {KJ/kgK}

このストーブは燃料消費量の変化に拘らず一定空気量を供給する方式をとっているので燃料流量が少くなるとともに熱効率は低下するが最大燃焼時でのその値はもっとも大きく約73%である。

しかし停電時の自然通風燃焼で約81%という効率値を示している。したがって適正空気量すなわち空気過剰係数のもとで燃焼させる方式がのぞましいことになるが実用に際してはドラフト変化との関連で検討される必要がある。さらにこの場合の自然通風下の燃焼時における空気過剰係数mの値は約1.7であるのでより燃料流量の多い範囲まで燃焼は可能であることが予想できる。供試ストーブの場合は構造上から送風用ファンを停止した状態で任意の燃料流量を設定することはできないがきめられたドラフト値のもとでどの程度まで自然通風燃焼ができるかは今後検討の要するところであるし，適正空気供給を行うことができるように機器を改良する余地があるもの

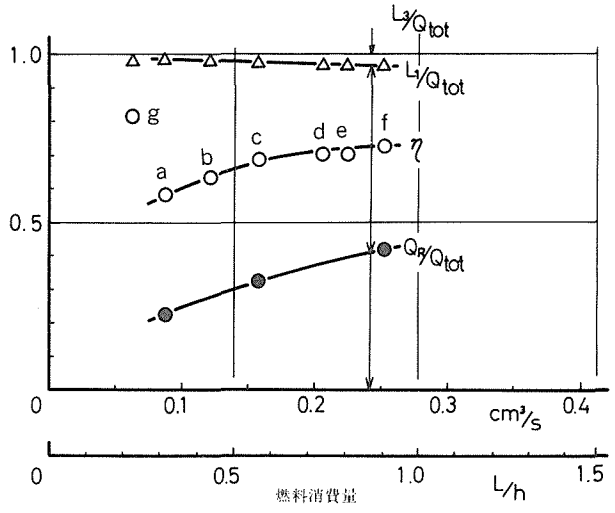


図7　熱効率，損失割合および放射熱量割合

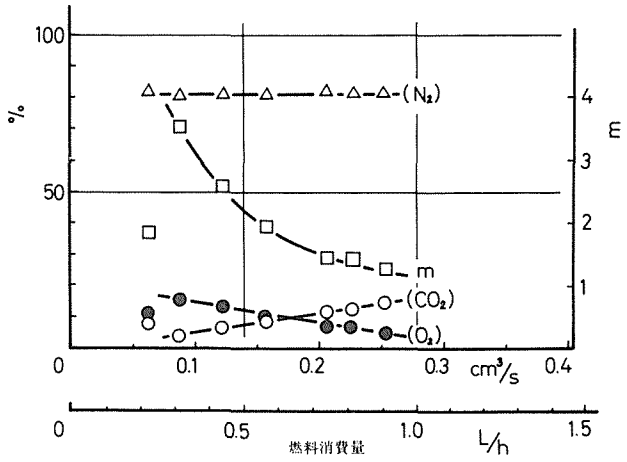


図8　ガス分析値，空気過剰係数

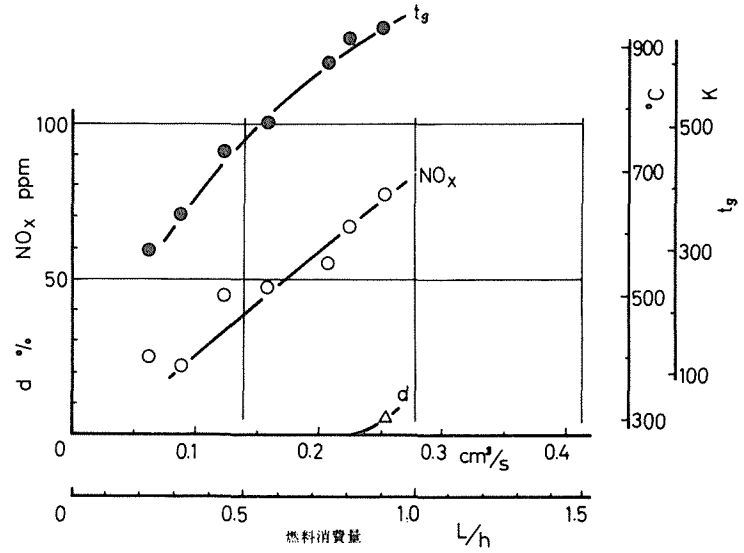


図9　NO_x，ばい煙濃度および排ガス温度

と思われる。

有効放熱量に占める放射熱量は最大燃焼時で約55%であり燃料消費量の減少とともにその割合は幾分小さくなる。なおこの放射熱量の求め方はストーブ本体から離れたある一点での放射受熱量を測定しその点からストーブに対する形態係数を考慮して本体表面からの全放射熱量を算出する方法をとった。

一方損失の内訳では乾排ガスによるものが殆んどを占めている。空気過剰係数については図8でみるとおり最小燃焼時で約3.5に達しかなりの供給過剰となっていることがわかる。さらに最大燃焼時の NO_x 濃度は約80 ppm，ばい煙濃度は約10%であることが図9に示されているが SO_x，HCN 成分は検出されなかった。自動車や他の燃焼設備に比較するとそれ程大きい値ではないが使用台数がきわめて多い現状を考えれば他の設備に対すると同様低減のための技術的改善措置が必要である。

図10，11はストーブ放熱面および木台，木壁表面の温度測定箇所と温度分布を示す。放熱面温

度分布は各位置はほぼ一様であるが燃焼量の増加とともに円周方向では前部と後部（排気筒側）および軸方向では上部の温度が高くなる傾向を示していることがわかる。また本台，木壁表面温度分布をみるとその最高温度はストーブ本体から数 10 cm の位置で約 50℃であり，また排気筒後部の木壁温度が低下しているのは排気煙筒により本体からの放射が遮えぎられるために生じているものと思われる。

図 12 は放熱面から 300 mm の円周上各位置で測定した放射放熱量分布を示す。油量調節器設置位置には遮蔽のための仕切板がとりつけられているのでその位置での放熱量は小さいが他の場所の分布はほぼ一様である。

人間に対しての暖房効果という点から考えると放熱面からの放射による受熱と自然対流による

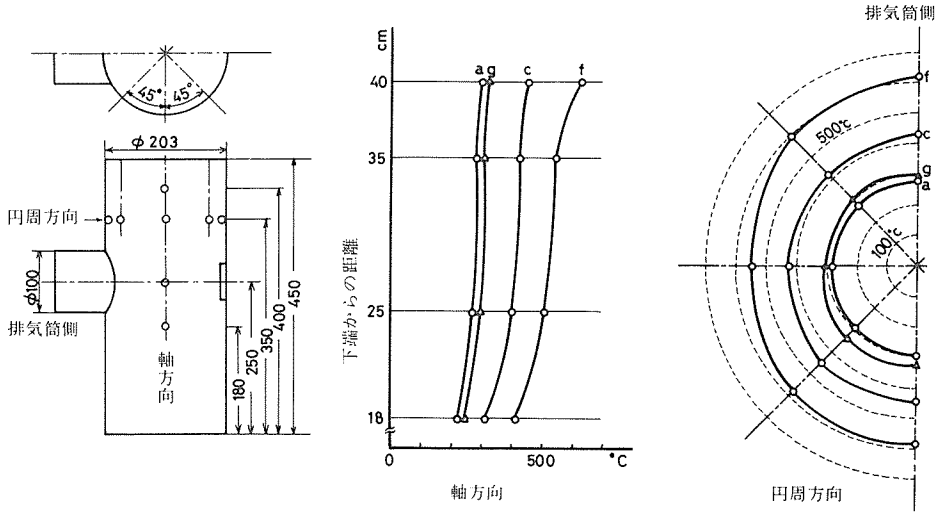


図 10　放熱面温度測定位置および温度分布
（図中の a，c などは図 7 に示す燃料消費量に一致）

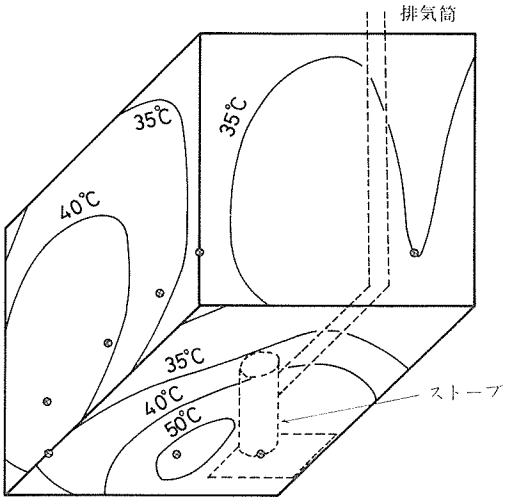


図 11　本台，木壁表面温度測定位置および温度分布
（最大燃焼時 f ）

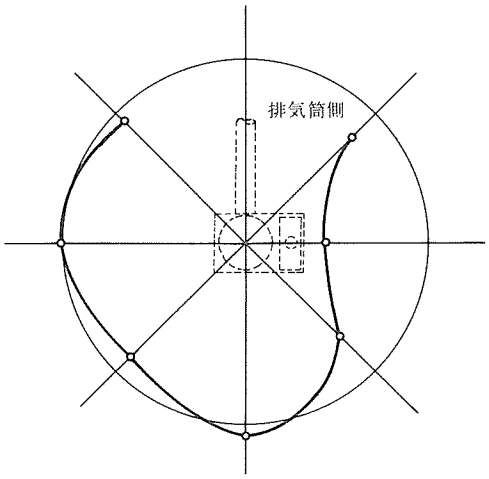


図 12　放射受熱量分布（最大燃焼時 f ）

加熱空気が人体に熱伝達されることによって達成されるが，これらの放射と対流伝達量の割合および室内の熱的特性，たとえば床や壁，天井の断熱状況，換気量などが総合的に考慮されてその効果が評価されねばならない。ここで供試したストーブがその点からみて有効であるかどうかはひきつづき検討されねばならないが，エネルギ消費機器としての面からみるならば燃焼方法や実際使用にあたっての制御方式を含む取扱いについて改良がなされれば現状より熱効率を高めうることになり灯油の使用量を減少させることができるものと思われる。

4．燃焼室内ガス流動解析

ストーブ燃焼室内のガス流動は3次元であるが，ここでは流動パターンの概略を比較的簡易に知ることを目的として2次元モデルを採用し数値計算に際しての格子メッシュのとり方を図13に示している。なおポット部に相当する底面から蒸発ガス化した空気が入るので流入口を3箇所に分けてそれぞれ一様流入とした。なお流れは粘性流として取扱っている。

ガス流れの基礎式は以下のようになる。

運動方程式

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\rho u^2-2\mu_{eff}\frac{\partial u}{\partial x}\right)+\frac{\partial}{\partial y}\left\{\rho uv-\mu_{eff}\left(\frac{\partial v}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial y}\right)\right\}+\frac{\partial p}{\partial x}=0 \qquad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial y}\left(\rho v^2-2\mu_{eff}\frac{\partial v}{\partial y}\right)+\frac{\partial}{\partial x}\left\{\rho uv-\mu_{eff}\left(\frac{\partial v}{\partial x}+\frac{\partial u}{\partial y}\right)\right\}+\frac{\partial p}{\partial y}=0 \qquad (3)$$

渦度

$$\omega=\frac{\partial v}{\partial x}-\frac{\partial u}{\partial y} \qquad (4)$$

流線関数

$$u=\frac{1}{\rho}\frac{\partial \psi}{\partial y},\quad v=-\frac{1}{\rho}\frac{\partial \psi}{\partial x} \qquad (5)$$

ここで，u，v：x，y 方向の速度，p :圧力，ρ：密度，μ_{eff} ：実効粘性係数で燃焼室内で一定値に近似した次の式を用いた。[12)]

$$\mu_{eff}=0.012D^{2/3}W^{-1/3}\rho^{2/3}A^{1/3}v_{in}\rho_{in}^{1/3} \qquad (6)$$

ここで，D：燃焼室横断面の等価直径，W：燃焼室の長さ，A ：流入口面積，　v_{in} ：流入速度

式(2)，(3)から圧力項を消去して流線関数を導入し式(4)を用いて整理すると

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\omega\frac{\partial \psi}{\partial y}\right)-\frac{\partial}{\partial y}\left(\omega\frac{\partial \psi}{\partial x}\right)-\frac{\partial^2}{\partial x^2}\left(\mu_{eff}\omega\right)$$

$$-\frac{\partial^2}{\partial y^2}\left(\mu_{eff}\omega\right)=0 \qquad (7)$$

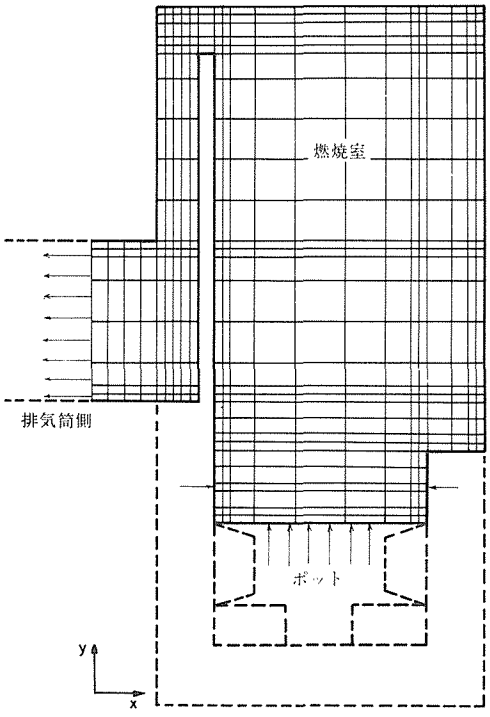


図13　計算メッシュ

式(4)に式(5)を代入すると

$$-\frac{1}{\rho}\left(\frac{\partial^2\psi}{\partial x^2}+\frac{\partial^2\psi}{\partial y^2}\right)-\omega=0 \tag{8}$$

各部分の境界条件について述べると

壁面　渦度は壁面近傍で距離の一次関数と仮定し壁面方向の変数の傾きが法線方向に対し無視できることから

$$\omega_W=\frac{-3(\psi_{W+1}-\psi_W)}{\rho l^2}-\frac{1}{2}\omega_{W+1} \tag{9}$$

ここで，W：壁面，W＋1：壁面と隣の格子点，l：W＋1とWの距離，流線関数は一定とする。

流入口　一様流入と仮定　$v=-1/\rho\,\partial\psi/\partial x=$一定，$\omega=0$

流出口　流出口附近で渦度及び流線関数は距離の二次関数と仮定し $\partial w/\partial y=0$ と仮定すると

$$\omega_0=\frac{l_2^2}{l_2^2-l_1^2}\omega_1-\frac{l_1^2}{l_2^2-l_1^2}\omega_2 \tag{10}$$

$$\psi_0=\frac{l_2^2}{l_2^2-l_1^2}\psi_1-\frac{l_1^2}{l_2^2-l_1^2}\psi_2 \tag{11}$$

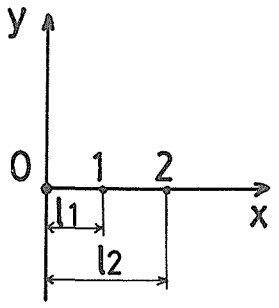


図 14　l_1, l_2 のとり方

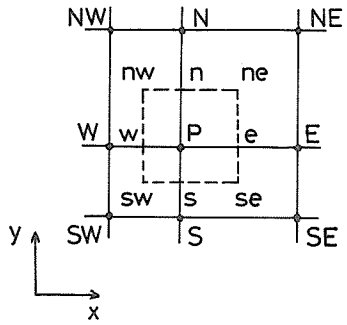


図 15　積分範囲

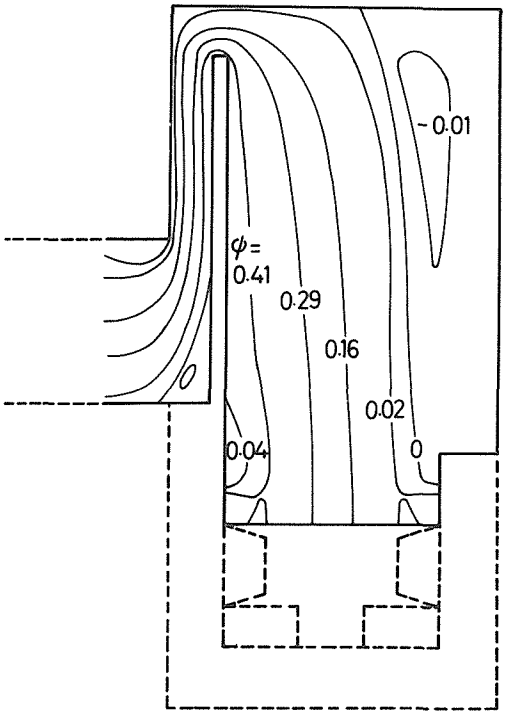


図 16　燃焼室内流動パターン

表2　計算入力データ

燃料流量	0.25 cm^3/s	0.9 ℓ/h
空気比	1.2	1.2
空気流量	4.93×10^{-5} m^3/s	177.6×10^{-3} Nm^3/h
密度	1.243 kg/m^3	1.243 kgf/m^3
実効粘性係数	2.89×10^{-4} Pa. s	2.95×10^{-5} $kgfs/m^2$

ここで，l_1, l_2などのとり方は図14に示すとおりである。以上の境界条件を満足し可変メッシュがとれるように式(7), (8)を図15で示した点線部分で積分し，その後差分してそれらを同次反復法で計算するGosmanらの方法[12]を使用することとした。また表2は入力データを示している。

図16が計算結果であるが各曲線はガスの流線を表わしている。ポット内では流入した燃料と空気はほぼ一様に上昇した後，バッフル板と上部天井の間を通って排気筒側に流出するパターンが示されている。さらに燃焼室前上部の領域は循環流れの場となっていることがわかる。ここでは燃焼室内の流れのパターンを1例について明らかにしたが実際のストーブ内では燃焼反応を伴う放射と対流による熱伝達が支配的な場であり今後それらを考慮したシミュレーションをすすめストーブ本体放熱面温度分布などを求めていく予定である。

5．結　　論

ポット式バーナを有する暖房用灯油ストーブの燃焼実験を行って熱効率，排出ガス成分および放熱面温度分布などを求めた。また燃焼室内ガス流動シミュレーションを行い流れのパターンを明らかにした。

結果を要約すると次のようになる。

(1)　供試ストーブの熱効率は燃料消費量の増加に伴い大きくなる。その最高効率は強制通風最大燃焼時で約73%，停電時使用の際の自然通風状態では約81%である。

(2)　熱損失の殆んどの部分は排ガスによって持ち去られる熱量によるがそれは燃焼用空気量制御が適正かどうかにかかる。このストーブの場合は燃料消費量の多少に拘らず一定空気供給方式をとっているので燃焼量の少いところではかなりの過剰空気の状態で燃焼していることになり熱効率低下の原因となっている。したがってエネルギ有効利用の点からは適正空気量を確保するための機器改善が望まれる。

(3)　今回は一定ドラフトのもとでの燃焼実験を行ったが実際使用の場合には戸外の気象条件などにより常にドラフトは変化することになるのでこの場合の熱効率などの値がどのように変化するかを求めておくことが重要であり今後の課題とすることとしたい。なお、使用者がその都度簡易にドラフトを計測できる方法と機器の開発も今後考慮されるべきである。

(4)　排出ガス中の各組成分析の結果，NO_x排出量はかなり多く最高80 ppmに達していることがわかった。したがって他の燃焼装置同様低NO_x燃焼のための技術的改良がストーブについても必要である。

(5)　放熱面温度分布を測定した結果，円周方向および軸方向ともほぼ一様な分布を示した。また放射熱量分布も油量調節器がとりつけられている方向をのぞきほぼ一様である。

(6)　ストーブ内燃焼室のガス流動パターンを求めるため2次元モデルを採用してシミュレーションを行った。その結果燃焼室内のガス流線を明らかにでき供試ストーブの場合燃焼室前部の

領域は循環流れの場となっていることがわかった。

6. 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日本燃焼器具検査協会中央研究所の研野作一氏，北海道寒地建築研究所の釜田幹男氏によりご助言をいただき，数値計算やガス分析に際しては北大大学院学生太田淳一氏，大出賢幸氏および学部学生岸上晃海氏の協力を得た。さらに燃料の分析には北大元素分析センターと北海道工業試験場にお願いし，数値計算は北大大型計算機センターを利用させていただいた。ここに付記して謝意を表する次第である。最後に空気調和・衛生工学会北海道支部設備技術研究委員会委員各位には本研究の内容について討論いただき感謝申し上げる次第である。

参 考 文 献

1） 釜田：家庭用石油ストーブの適室表示，空気調和・衛生工学会誌，51－6（昭52－6），p.13
2） 例えば，電波（新聞），（昭和55年7月29日付）
3） 谷口ほか：低品位炭小型燃焼装置に関する研究，第18回燃焼シンポジウム前刷集（昭55－12），p. 46
4） Tekniska Högskolornas Energiarbetsgrupp (Sweden) : Vedeldning genom tiderna, rapport Nr. 5 1979
5） 北海道消費者センター：商品テスト報告書，昭和54年度，（昭55）
6） 同上1）
7） 沢登ほか：石油ストーブの NO_x 発生に関する一考察，空気調和・衛生工学会北海道支部第15回学術講演会論文集，（昭56－3），p.40
8） Pochial, J. : Unmittelbare Festlegung des Wirkungsgrades von Dauerbrandöfen für feste Brennstoffe, BWK 29 (1977), Nr.12
9） Landry, B.A : The Development of a Design of Smokeless Stove for Bituminous Coal, Tran. of the ASME (1950), Jan.
10） 北海道商行観光部：地域エネルギー開発調査報告書，（昭56－3）
11） 北海道商行観光部：北海道エネルギー概況，（昭56－3）
12） Gosman, A.D. : Heat and Mass Transfer in Recirculating Flows, (1969),Academic Press
13） 谷口・園田ほか：暖房用石油ヒーターの燃焼性能に関する研究（第1報 ポット式石油ストーブの燃焼実験および流動解析），空気調和・衛生工学会学術論文集，（昭55－10，大阪），p.165