室内酸素濃度の低下が石油ストーブ、ファンヒーターの
NO_x, CO 発生特性に及ぼす影響 (その2)

燃焼器具による室内空気の汚染と防止に関する研究 (第2報)

STUDIES ON THE AIR POLLUTANT EMISSION RATE FROM PORTABLE
KEROSENE SPACE HEATERS UNDER THE DECREASED
INDOOR OXYGEN CONCENTRATION (PART 2)

野崎 淳夫*, 吉澤 晋**

Atsuo NOZAKI and Susumu YOSHIZAWA

To estimate the indoor concentration of NO_x by the usage of flue-less type combustion appliances, experimental study was carried out in a laboratory where the ventilation rate, consequently oxygen concentration was controlled. The NO generation rate decreased proportionally with the depression of oxygen concentration to a certain point, K_c, beyond which the decrease rate was much less. NO₂ showed the almost constant generation to K_c, beyond which decreased proportional to oxygen concentration.

Though we could not determine K_c with radiant type heaters, the decrease of NO_x emission rate was proportional to oxygen and moderate compared to "fan heater"s.

Keywords : dwellings, indoor air pollution, emission characteristics, indoor oxygen concentration, combustion appliances, nitrogen oxides

住居, 室内空気汚染, 発生特性, 室内酸素濃度, 燃焼器具, 窒素酸化物

1. 緒 言

1.1 本研究の目的

NO_x (NO, NO₂) や CO 等の代表的な汚染物質の室内濃度の予測のためには, 発生源としての開放型燃焼器具に注目すべきであり, 一般的居住空間に存在しうる範囲での室内酸素濃度と汚染物質発生量との関係を定量的に把握する必要がある。

筆者らは燃焼器具による室内空気汚染の実験的研究を行ってきたが, 室内 NO₂ 濃度は外部よりの侵入および室内発生によって構成され, 特に開放型燃焼器具の使用, 部屋特性, 部屋の使われ方および室内での器具の使われ方により大きな影響を受けること等を報告した²⁾。

また, 室内で燃焼器具を使用した場合に起こる室内酸素濃度の微少な低下は, 器具の NO_x の発生量を減少させ, CO の発生量を増大させるといった汚染物質発生特性の変化を引き起こすこと等も報告した¹⁾。

本報告では, 前報^{1), 2)}で明らかになった点について更に追求して, ①更に広い範囲での室内酸素濃度の低下が及ぼす器具の汚染物質発生特性の変化とそのメカニズム

の解明, ②一般家庭で普及度の高い開放型石油ストーブや石油ファンヒーターによる NO_x 汚染について, NO や NO₂ の占める割合について実験的に明らかにし, 室内空気汚染物質濃度の予測を可能とするものであり, 最終的に室内 NO_x の汚染制御および対策の確立を目的とするものである。

1.2 在来の研究

NO_x (NO および NO₂) 生成のメカニズムは複雑であり, 室内濃度を正確に予測できるまでの十分な解明はなされていないが, 空気中の窒素分子との酸化反応による Thermal NO_x の生成に関しては, 拡大ゼルドヴィッチ (Zel'dovich) 機構と呼ばれる次の反応によっておおむね説明されている^{5), 12)}。

(1) (2) (3) 式を解くことにより, 初期の NO 生成速度の概算値は次式にて求められている。

$$d[\text{NO}]/dt = 2kK[\text{N}_2][\text{O}_2]^{\frac{1}{2}} \cdots \cdots (4)$$

* 日本大学東北高校 教諭・工修

** 東京理科大学 教授・工博

Nihon Univ. Tohoku High School, M. Eng.
Prof., Science Univ. of Tokyo, Dr. Eng.

ここで、 $[]$ は各成分のモル濃度を示し、 K は $1/2$ $O_2 \rightleftharpoons O$ の平衡常数、 T は燃焼温度 ($^{\circ}K$)、 k は NO 生成に関しての順反応速度定数で $k = 6.63 \times 10^7 \cdot \exp(-37765/T)$ である。

つまり、 NO の生成は主に窒素と酸素の分圧 (濃度) と燃焼部の温度に支配されることになる。

在来、燃焼工学の分野ではこの理論と実験結果を当量比^{脚注1)}や燃焼温度との関係において検討してきたものが多い。

しかし、家庭用燃焼器具は主要な大気汚染源としてはみなされていなかったために、 NO_x 発生特性に関する研究報告は少なく、室内空気汚染を前提とした燃焼特性解明についての研究報告もきわめて少ない。

特に大気中の酸素濃度が一定であるのに対して、室内での燃焼器具使用は、室内酸素濃度の低下をもたらす、器具固有の CO や NO_x の発生特性を変えてしまう特徴を有する^{1)~4), 6), 10)}。

これらの理由から、燃焼工学上の知見をただちに室内汚染物質発生源としての開放型燃焼器具に当てはめて、室内濃度の予測に用いるには困難がある。

CO や NO_x による室内空気汚染物質濃度の予測ために、室内酸素濃度を考慮にいれた汚染物質発生量の定量化は、吉澤^{3), 4), 10)}によるものや前報¹⁾以外見当たらない。

1.3 本報の内容

本報では比較的最近の開放型石油暖房器具を対象として、以下の点について実験的研究を行った結果を主として報告するものである。

- ① 前報¹⁾で求めた室内酸素濃度の低下範囲 (約 18.7 %) を約 16.5 % までに広げて室内酸素濃度低下に伴う窒素酸化物発生量を定量的に把握する。
- ② ①の定量化を行う事により、室内酸素濃度の低下がまねく器具の汚染物質発生特性の変化をさらに明確にする。
- ③ 室内酸素濃度の低下と NO , NO_2 , NO_x の各発生特性との関係を明らかにする。
- ④ 器具のタイプと汚染物質発生特性についてさらに求める。
- ⑤ 室内酸素濃度の低下によって器具の汚染物質発生特性の変化が起こる。これに関するメカニズムを究明する。なお、本報告の一部は、平成 2 年、昭和 63 年度の日本建築学会大会梗概集^{6), 11)}に発表されている。

2. 実験概要

2.1 実験室

間口 2.7 m, 奥行 3.6 m, 高さ 2.1 m で 20.4 m^3 の気

脚注 1) 一般に ϕ で表され一定量の空気に対して何倍の燃料が供給されたかを示す量を言う。

$\phi < 1$ で希薄燃焼, $\phi > 1$ で過濃燃焼を示す。

積を有し、機械換気設備により所定の換気回数を得られる気密室 (国立公衆衛生院燃焼実験室, 空気汚染機構実験室および日本大学工学部空気汚染実験室) である。

2.2 測定対象

測定台数は石油ファンヒーター (気化式 10 台, 芯式 1 台), 石油ストーブ (反射式 4 台) である。

なお、各機種が発熱量は以下のとおりである。

ファンヒーター機種: G (3200 kcal/h), M (3200 kcal/h), N (2500 kcal/h), TS (3300 kcal/h), A (2600 kcal/h), D (2600 kcal/h), S (2600 kcal/h)
芯式ストーブ機種: TS (2400 kcal/h), S (2000 kcal/h), NE (3000 kcal/h) (記号は各図に対応している。)

2.3 測定項目

次の各室内濃度、温度および重量についての測定を行った。一酸化炭素濃度 (CO), 二酸化炭素濃度 (CO_2), 窒素酸化物濃度 (NO_x (NO , NO_2)), 酸素濃度 (O_2), 燃焼炉内温度および器具の燃料消費量

2.4 測定計器

各種濃度、重量、温度は次により測定を行った。

CO : 定電位電解式分析計 (ECOLYZER MODEL 2600), CO_2 : 非分散赤外線式分析計 (堀場製作所, 富士電機 ZAR-AH-051), NO_x : 化学発光法窒素酸化物分析計 (Monitor Labs Model 8440), O_2 : 磁気式酸素濃度計 (東芝 Beckman), 燃料消費量: 電子天秤 (ヤマト社製 精度 1 g), 炉内温度: CA 熱電対 (横河電機製 精度 $1^{\circ}C$)

2.5 測定方法

一様拡散法^{脚注2)}により測定し、実験方法の詳細は前報¹⁾に示したものと同様である。

3. 結果

3.1 室内酸素濃度と窒素酸化物発生特性

石油ファンヒーターや石油ストーブといった開放型ストーブについて、室内酸素濃度の低下に伴う窒素酸化物発生量を求めた。

図—1 は器具の温度設定を高くした場合 (燃焼率大の場合) の発生特性図であり、図—2 は低くした場合 (燃焼率小の場合) の特性図である。ここで、温度設定の高低とは、器具の燃料消費量の大小を示し、室温を示したものではない。いずれの場合にも石油ファンヒーターの NO_x に関する平均的発生量を得ることと発生特性の変化する室内酸素濃度を求めるため、各プロット点の集中した部分をゾーニングし、ゾーニング内を目視によって 2 直線回帰したものである。

図—1 に示すとおり灯油 1 kg 当たりの窒素酸化物発生量 m_{NO_x} (ml/kg) は芯式石油ストーブに比較して、

脚注 2) 実験室において発生源からのガスをファンなどを使って一様に拡散させた後に、採取し分析する方法を言う。

気化式の石油ファンヒーターはかなり大きいと言える。
温度設定を高くした場合で、回帰から得た初期室内酸素濃度 (20.9%) での m_{NO_x} は、石油ファンヒーターで

図-1 室内酸素濃度と m_{NO_x} との関係 (燃焼率一大)

図-2 室内酸素濃度と m_{NO_x} との関係 (燃焼率一小)

3600 (ml/kg) であり、石油ストーブで 160 (ml/kg) であった。石油ファンヒーターは石油ストーブの 22.5 倍の発生量であった。

ただし、本実験での芯式石油ストーブとはすべて反射式石油ストーブである。

ところで、図-1, 2 に示すように石油ファンヒーターでは燃焼率の違いによらず、初期の室内酸素濃度から限界酸素濃度 (K_c) 間で m_{NO_x} の減少勾配が大きく、限界酸素濃度以下で減少勾配が小さくなる特異な特性が見られる^{脚注3)}。

一方、芯式ストーブではこのような明確な限界酸素濃度は見られない。

石油ファンヒーターで室内酸素濃度の低下に伴う m_{NO_x} の減少勾配は K_c 以上 (A1) で 0.2390 (m³/kg) である。これは室内酸素濃度の 1% の低下によって m_{NO_x} が約 2390 ml/kg 減少することを意味する。

一方、 K_c 以下では減少勾配がゆるくなる。減少勾配 (A2) は 0.0093 (m³/kg) となり室内酸素濃度 1% の低下で m_{NO_x} が約 93 ml/kg 減少することになる。これは A1 に比較して 25.7 分の 1 になった事を意味する。

また、器具の温度設定 (燃焼率) を変えた場合について、図-1, 2 を比較してみると、ほぼ同程度の限界酸素濃度 K_c が観察される。

3.2 室内酸素濃度と灯油 1 kg 当たりの各種窒素酸化物発生量について

3.2.1 気化式タイプの場合

前述のごとく気化式石油ファンヒーターの m_{NO_x} は在来の芯式石油ストーブに比較して非常に大きかった。

ファンヒーターでは室内酸素濃度の低下に伴う m_{NO_x} の減少勾配は初期濃度から限界酸素濃度 (K_c) の間で大きく、それ以下では小さくなることを示した。

表-1 は室内酸素濃度低下に伴う各種窒素酸化物の発生量とその構成を示したものであり、図-3 はそれをグラフ化したものである。表-1, 図-3 に示すように本測定値では NO の発生特性が、その主因であることが

表-1 気化式石油ファンヒーターの室内酸素濃度低下に伴う NO_x 発生特性

(%)	(ml/kg)	(ml/kg)	(ml/kg)	m_{NO} m_{NO_x} (%)	m_{NO_2} m_{NO_x} (%)	NO/NO_x (%)	NO_2/NO_x (%)
20.85	2144	1890	254	88.2	11.8	88.5	13.5
20.10	1813	1543	270	85.1	14.9	85.9	14.1
19.50	1324	1035	289	78.1	21.9	83.6	16.4
18.90	1014	817	197	80.6	19.4	83.1	16.9
18.30	636	520	118	81.7	18.3	82.9	17.1

脚注 3) ここで限界酸素濃度 (K_c) とは、 NO_x 発生特性に急なる変化がみられる酸素濃度をさすものである。室内で燃焼器具を使用した場合、室内酸素濃度の低下に伴い、ある酸素濃度で m_{NO_x} の減少勾配のゆるくなる器具がある。この時の室内酸素濃度を限界酸素濃度 K_c と定義する。

図—3 室内酸素濃度と m_{NO} , m_{NO_2} との関係 図—4 室内酸素濃度と燃料消費量 B (kg/h) との関係

わかる。

つまり m_{NO_x} 中に m_{NO} の占める割合が高く、 m_{NO} の減少勾配が K_c 以上で大きく、以下で小さくなる特質が影響したものと思われる。

NO_2 については K_c 以上ではほぼ一定の発生量を示し、 K_c 以下で減少する発生特性を観察した。

ここで問題となるのは器具の燃料消費量 B (kg/h) の変化である。これまでの我々の実験結果によれば、芯式石油ストーブや一部の石油ファンヒーターでは、室内酸素濃度の低下によって、器具の燃料消費量が減少する。

もし、室内酸素濃度の低下に伴って器具の燃料消費量が減少すれば器具の総発熱量が減少することになる。そして、この減少は Thermal NO_x の減少を導くものと思われる。

そこで、器具の燃料消費量を室内酸素濃度との関係においてとらえた。結果を図—4 に示す。

本機種に関する他の実験においても、室内酸素濃度の低下に伴う明確な B の増加や減少傾向は観察されておらず、ほぼ一定の測定例が多い。室内酸素濃度低下に伴う NO_x の発生特性に関して、むしろ B が多少増加傾向にある本測定例においても同様の現象が観察されたと言える。

3.2.2 芯式タイプの場合

芯式の石油ファンヒーターの実験結果を表—2 に示す。芯式石油ファンヒーターにおいて、19.8 % までの

表—2 芯式石油ファンヒーターの室内酸素濃度低下に伴う NO_x 発生特性

O_2 (%)	m_{NO_x} (ml/kg)	m_{NO} (ml/kg)	m_{NO_2} (ml/kg)	$\frac{m_{NO}}{m_{NO_x}}$ (%)	$\frac{m_{NO_2}}{m_{NO_x}}$ (%)	$\frac{NO}{NO_x}$ (%)	$\frac{NO_2}{NO_x}$ (%)
20.78	521.5	298.4	223.1	57.2	42.8	35.6	64.4
20.29	503.3	258.3	244.9	51.3	48.7	39.3	60.7
20.09	458.2	207.1	251.1	45.2	54.8	40.4	59.6
19.79	292.8	124.4	168.4	42.4	57.6	41.4	58.6

図—5 燃焼炉内の温度分布について

室内酸素濃度の低下で m_{NO_x} 中の NO は 42～57 % 程度であり、 NO_2 は 58～43 % 程度であった。

ちなみに、表—1 の気化式石油ファンヒーターでは、同程度の室内酸素濃度低下範囲で、 m_{NO_x} 中の NO は芯式に比較して大きく 78～88 % 程度であり、逆に NO_2 は小さく 22～12 % 程度であった。

山中⁸⁾は室内酸素濃度低下のない直接採取法によって発生量比 (NO_2/NO_x) を求めている。反射型石油ストーブ (0.74 ± 0.05)、対流型石油ストーブ (0.42 ± 0.12)、石油ファンヒーター (0.27 ± 0.04) であったと報告している。

これと比較して、本実験値は気化式石油ファンヒーターでやや少なめの値であり、芯式石油ファンヒーターは対流型ストーブの値に近いといえる。

3.3 室内酸素濃度の低下に伴う窒素酸化物 (NO_x) 中の NO と NO_2 室内濃度構成の変化

表—2 に示すように、芯式石油ファンヒーターでは室内酸素濃度の低下に伴って NO/NO_x が大きくなって行くことがわかる。これに対して気化式石油ファンヒーターではこのような変化は見られない。

本実験の範囲においては、気化式石油ファンヒーターは室内酸素濃度の大きな影響を受けずに、 NO/NO_x は 80 % 程度であり、 NO_2/NO_x は 20 % 程度であると考えられる。

これに対して芯式タイプのストーブやファンヒーターでは室内酸素濃度の多少の影響を受けるものと思われる。また、 NO/NO_x は 50～40 % 程度であり NO_2/NO_x は 50～60 % 程度であると考えて良さそうである。

図—6 室内酸素濃度と燃焼炉内の温度分布との関係

石油ストーブの NO_x 総発生量は少ないものの室内濃度比 (NO_2/NO_x) は石油ファンヒーターに比較して約 2.5~3 倍高いと言える。

3.4 室内酸素濃度と器具燃焼炉内部の温度分布との関係

図—5 には酸素濃度低下の無い状態での気化式石油ファンヒーター燃焼炉内部の温度分布を示した。

図—6 はファンヒーターの燃焼炉内部を 3 点にわたって同時に測定したものである。

SAMPLE 1 は炉の上部, SAMPLE 2 は炉の中, SAMPLE 3 は炉の下部の測定部データである。

SAMPLE 1, 2, 3 の温度が室内酸素濃度の低下につれて限界酸素濃度 K_c を変曲点として同時に低下して行くことが観察された。

4. 考 察

4.1 燃焼器具使用に伴う室内酸素濃度の低下の予測

一般的な住居でストーブを使用した場合に起こる微少な室内酸素濃度の低下は, NO_x や CO の汚染物質発生特性に影響を及ぼす¹⁾。

本報では日常起こりうる更に広い範囲での酸素濃度低下と発生特性との関係を求めているが, 燃焼器具を有する室内の酸素濃度予測はこの定量化に大きな意味を持つ。

吉澤ら³⁾は燃焼器具を有する室内酸素濃度 (K) の予測式を以下のように求めている。

$$K = K_1 e^{-Q/Rt} + \left(K_0 - \frac{kB}{Q} \right) \left(1 - e^{-Q/Rt} \right) \quad \dots\dots\dots (5)$$

ここで, K_1 : 初期の室内酸素濃度, K_0 : 外気の酸素濃度, Q : 部屋の換気量 (m^3/h), R : 部屋の気積 (m^3), t : 器具の使用時間 (h), k : 器具の単位燃料当たりの酸素消費量 (m^3/kg), B : 燃料消費量 (kg fuel/h)

ただし, Q , B , k は一定であるものとし, 実験においてもほぼ一定であった。

(5) 式を用いて一般的石油ストーブを室内 (6 畳) で燃焼させた場合, 酸素濃度経時変化のシミュレーションを図—7 に示す。

換気回数 0.6 (回/h) は一般的 RC 造住宅を想定しており, 器具の燃料消費量 ($B = 0.24 \text{ kg/h}$) は 2500

図—7 開放型石油ストーブを有する室内酸素濃度の経時変動シミュレーションと実測値

表—3 石油ストーブ使用に伴う室内酸素濃度低下の目安

	n(l/h)	60	120	180	240	300	360(min)
RC造	0.3	18.07	15.98	14.43	13.28	12.43	11.79 (%)
	1.0	18.83	18.07	17.79	17.89	17.65	17.64 (%)
木造	0.5	18.32	16.78	15.82	15.24	14.89	14.68 (%)
	3.0	19.86	19.81	19.81	19.81	19.81	19.81 (%)

kcal/h 程度の石油ストーブを想定している。ただし, 灯油の発熱量を 10500 kcal/kg とする。

図中の△印は同条件下での実測値であるが予測値と実測値は良く符合する。器具使用 2 時間後に室内酸素濃度が 17.09 % になり, 数%の低下は容易に起こることがわかる。

同様に 2500 kcal/h の石油ストーブを有する各種構造住宅の酸素濃度経時変化の目安を表—3 に示す。

ただし, RC 造, 木造の換気回数を 0.3~1.0 (回/h), 0.5~3.0 (回/h)としている。

4.2 燃焼部温度の器具の m_{NO_x} へ与える影響

芯式はストーブでもファンヒーターでも同じ範囲の発生特性を示すものと思われるが, 芯式は気化式に比較して m_{NO_x} が少ない点, m_{NO_x} 中に NO_2 の占める割合が高い点はどうか考えれば良いのであろうか。

これには, 燃料の供給形式と燃焼炉の形状が大きな影響を及ぼしているものと思われる。

我々の測定では, 気化式石油ファンヒーターは芯式のものに比較して燃焼温度の高い部分が広範囲に存在する。

これは燃料の気化噴霧による効率の良い燃焼形式が要因であると思われる。

また, 燃焼炉の構成は炉内温度の構成に大きな影響を及ぼすものと思われる。ファンヒーターの燃焼炉は, 反射式ストーブに比較して内部が空洞で単純な構造をしているものが多い。燃焼炉が複雑で火災に対する接触面積が大きい場合, 熱損失も大きくなる。つまり, 器具の総発熱量が同じ場合, 反射式石油ストーブではファンヒーターや対流型ストーブに比し, 火災最高温度があまり上昇しなくなる。化学平衡論によれば NO は高温で, NO_2

は NO 生成温度に比較して低温で平衡濃度に達するとされている¹²⁾。

Leaderer ら⁷⁾や Traynor⁹⁾が報告しているように同じ芯式石油ストーブでも対流型が反射式を NO_x の発生量で上回る事も燃焼炉の構成から同様に説明できる。

また芯式ストーブにおいて、NO_x の総発生量で小さいものの、NO₂ の占める割合が高かったことは、燃焼部の温度が低かったことによるものと思われる。

4.3 限界酸素濃度 K_c 出現のメカニズム

この現象は、かつて吉澤^{3), 4), 10)}が求めたように、燃焼器具を室内で使うことによる酸素濃度の低下によって引き起こされる器具特性変化を考えるとうまく説明できる。

辻¹³⁾らはバーナーの燃焼実験を行い空気過剰率と火炎の長さについて求めており、空気過剰率の減少に伴い火炎が伸長する事を報告している。

空気過剰率の減少は室内酸素濃度の低下と同様に考えられるから、室内酸素濃度の低下は、炎の伸長を引き起こすことになる。

火炎伸長は炎の容積の増大化をまねく。この増大化は燃焼炉内面に対する炎の接触面積を増大させることになる。そして、接触面の増大化は器壁への伝熱量を増加させることになる。これにより灯油の総発熱量の変化は無くとも、炎高温部の温度低下が起こる。

つまり、初期の室内酸素濃度から K_c まで、ある一定の割合で、炎の伸長に伴う燃焼炉内温度の低下が起こる。これにより炉内の温度分布構成に変化が起こり NO の生成しやすい温度帯の縮小化現象を導く。

K_c よりさらに低下すると温度低下の割合が減少し、それに伴い m_{NO_x} の減少勾配もゆるくなる。

このような原因で Thermal NO の減少が起こり、この NO の減少が NO_x の減少をまねいたものと考えられる。

4.4 今後の課題

4.4.1 器具特性の変化と室内被爆量

在来多く行われている汚染物質発生量の定量化は、直接採取法によるもので、この方法では燃焼特性の変化は組み入れにくい¹⁾。

室内酸素濃度低下による燃焼特性の変化を考慮した汚染物質発生量の定量化により、初めて正確な個人被爆量の予測や評価が可能になると言える。

そして、これらの作業は各汚染物質について行っただけで、個々に固有の発生特性を見極める必要がある。

例えば、CO については吉澤らにより既に発生特性の解明が成されている。これにより室内 CO 汚染濃度の予測が可能となり、器具の構造としては第二次限界酸素濃度 k_{c2} の出現による燃焼特性の悪化改善に対する努力を強いられることになった。

CO や NO_x 以外の汚染物質についても、室内酸素濃度低下に伴う汚染物質発生特性の解明は室内被爆量の予測にとって重要な課題であり、現在我々は炭化水素についてその検討作業を行っている。

4.4.2 室内における燃焼器具の窒素酸化物生成について既往のモデルとの比較検討

本研究では室内窒素酸化物濃度の予測を第一義としているため、室内で器具固有の NO_x 発生特性を定量的に求めている。

それにより、拡大ゼルドヴィッチ機構やその他のモデルとの詳細な比較検討を行うまでに至っていない。

この問題に関しては現在検討中であり、今後の研究課題とさせて頂きたい。

5. まとめ

① 日常の燃焼器具使用によって起こりうる 16.5 % までの室内酸素濃度低下の器具の汚染物質発生特性に及ぼす影響を調べた。気化式石油ファンヒーターでは初期の m_{NO_x} がとても大きく、反射式石油ストーブの 22.5 倍程度の発生量を示した。

② 回帰直線から得られる反射式石油ストーブの初期の m_{NO_x} は 160 (ml/kg) 程度であり、減少勾配は 1.5×10^{-5} (m³/kg) であった。これは 1 % の室内酸素濃度の低下に従い 15 (ml/kg) 程度の減少を意味する。

同様に気化式石油ファンヒーターでは初期の NO_x 発生量は、3600 (ml/kg) 程度と大きい。しかし、室内酸素濃度の減少に伴って、ある酸素濃度(限界酸素濃度 K_c)まで大きく一定の割合で減少を示す。 K_c よりもさらに低下すると減少勾配はゆるくなる。

器具の温度設定が大の場合に、初期の室内酸素濃度から K_c までの減少勾配は約 0.24 (m³/kg) であり、 K_c よりもさらに低下すると 0.0093 (m³/kg) となった。

③ 反射式石油ストーブについて明確な K_c は観察されなかったが、気化式石油ファンヒーターでは観察された。この場合、器具の温度設定によらず同程度の K_c (平均値で約 19.7 %) が観察された。

④ 反射式石油ストーブは気化式石油ファンヒーターに比較して NO₂ の m_{NO_x} 中に占める割合が高い。器具から拡散された後の室内濃度構成においても NO₂/NO_x が高い。

⑤ これらの器具特性は、燃料の供給形式、燃焼炉内の温度構成、燃焼炉の特性等に影響を受けるものと思われる。

特に、室内酸素濃度の低下は器具の燃焼部の温度構成に大きな影響を及ぼす。この影響が、器具固有の汚染物質発生特性を変化させてしまうものと思われる。

引用文献

- 1) 野崎淳夫, 吉澤 晋, 小峯裕己: 室内酸素濃度の変化が石油ストーブ, ファンヒーターの NO_x , CO 発生特性に及ぼす影響, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 411 号, pp. 9~16, 1990
- 2) 野崎淳夫, 吉澤 晋, 小峯裕己: パッシブ法による室内 NO_2 濃度とその構成要因について (燃烧器具による室内空気の汚染と防止に関する研究 (第一報)), 日本建築学会計画系論文報告集, 第 416 号, pp. 9~16, 1990
- 3) 小林陽太郎, 吉澤 晋 ほか: 煙突無しストーブの必要換気量について (2), 日本建築学会計画系論文報告集号外, p. 427, 1965
- 4) 吉澤 晋: 例えば, 煙突無し湯沸かし器の必要換気量, 日本建築学会関東支部, pp. 129~132, 1969
- 5) 水谷幸夫: 燃烧工学, pp. 214~216, 森北出版, 1989
- 6) 野崎淳夫, 吉澤 晋: 石油ファンヒーター等の NO_x , CO 発生特性と室内空気汚染 (その 4), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 643~644, 1990
- 7) Brian P. Leaderer: Air Pollutant Emissions from Kerosene Space Heaters, Science, Vol. 218, pp. 1112~1115, 1982
- 8) 山中伸一: 屋内環境中の窒素酸化物に関する研究, 日本建築学会計画系論文報告集, 第 357 号, pp. 23~31, 1985
- 9) Gregory W. Traynor, et al.: Pollutant Emissions from Portable Kerosene Fired Space Heaters, Environ. Sci. Technol., Vol. 17, No. 6, pp. 369~371, 1983
- 10) Susumu Yoshizawa: Japanese Experiences on the Control of Indoor Air Pollution by Combustion Appliances. Proc. of 3rd International Conf. on Indoor Air Quality and Climate., pp. 193~198, 1984
- 11) 野崎淳夫, 吉澤 晋 ほか: 石油ファンヒーター等の NO_x , CO の発生特性と室内空気汚染 (その 3), 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 815~816, 1988
- 12) National Research Council 編: 窒素酸化物, pp. 6~7, pp. 22~24, 東京化学同人, 1979
- 13) 辻 正一: 燃烧機器工学, pp. 94~97, 日刊工業新聞社, 1980

(1991 年 3 月 30 日原稿受理, 1991 年 9 月 4 日採用決定)