

200/0924

平成13年度厚生科学研究費補助金
生活安全総合研究事業
研究成果報告書

脱臭機，空気清浄機，コピー機からの
オゾン発生機構に関する研究
(課題番号：H13－生活－007)

平成14年 3 月

主任研究者 野 崎 淳 夫

東北文化学園大学 科学技術学部
環境計画工学科 助教授

平成 13 年度厚生科学研究費補助金 生活安全総合研究事業

第一編

脱臭機、空気清浄機、コピー機からの オゾン発生量に関する研究

主任研究者
東北文化学園大学
野崎 淳夫

第二編

オゾン脱臭方式による室内空気汚染物質の 除去特性に関する研究

分担研究者
東北大学大学院工学研究科
吉野 博

平成 14 年 3 月

平成13年度厚生科学研究費補助金
生活安全総合研究事業

第一編

脱臭機、空気清浄機、コピー機からの
オゾン発生量に関する研究

平成14年3月

主任研究者
東北文化学園大学
野崎 淳夫

目 次

研究要旨

1. 序論

- 1-1 研究の背景
- 1-2 既往の研究
- 1-3 本研究事業による前年度までの経過
- 1-4 研究の目的
- 1-5 研究の構成と今後の展望

2. オゾン発生源からの発生量に関する理論的検討

- 2-1 実験チェンバーの物理-化学的性質
 - 2-1-1 実験チェンバーの換気回数
 - 2-1-2 実験室チェンバーの吸着性
 - 2-1-3 実験チェンバー内における機器固有のオゾン除去特性
- 2-2 室内室内オゾン濃度予測法の理論的検討
- 2-3 オゾン発生量の理論的検討

3. 室内発生源のオゾン発生量、発生特性に関する検討

- 3-1 測定対象機器
- 3-2 実験方法
 - 3-2-1 実験システムの概要
 - 3-2-2 測定機器及び分析機器
 - 3-2-3 測定方法
 - 3-2-4 実験手順
- 3-3 実験結果
 - 3-3-1 コピー機使用に伴うオゾン濃度の変化
 - 3-3-2 レーザープリンタ使用に伴うオゾン濃度の変化
 - 3-3-3 空気清浄機使用に伴うオゾン濃度の変化
 - 3-3-4 オゾン脱臭器使用に伴うオゾン濃度の変化

4. 考察

- 4-1 各種発生源からのオゾン発生量の検討-定常式による発生量と理論式による発生量との比較
- 4-2 オゾン濃度予測法及び実測値と予測値との比較
- 4-4 機種別の発生オゾン濃度の比較
- 4-5 機種別のオゾン発生量の比較
- 4-6 その他汚染物質の発生

5. まとめ

- 5-1 既往の研究との比較
- 5-2 本研究の成果

6. 引用文献

7. 資料

8. 謝辞

1. 序論

1-1 研究の背景

近年、建材や接着剤、日用品や生活用品（家具、開放型燃焼器具）、生理現象（排泄臭、体臭、呼気）から室内に放出されるホルムアルデヒド、揮発性有機化合物（VOC）、炭化水素（HC）、アンモニアなどの室内ガス状物質汚染が社会的に注目されている。対策として、空気清浄機やオゾン発生装置などの利用がとられている。その結果、室内へオゾンガスを放出している。また、事務室において利用されるコピー機やレーザープリンタからも、オゾンガスの発生が指摘されている。住宅、医療、社会福祉施設内では、消臭、殺菌装置が使用されている。このうち、高電圧や紫外線を利用したものは、有害なオゾンガスを発生しうる。また、オゾンガスは、人体に健康被害を与えるとの報告があり、オゾンガスの人体曝露により、呼吸器系の機能低下、めまい、頭痛、倦怠感等の諸症状の発生が報告されている。

1-2 既往の研究

室内では、光化学反応を生じさせるほどの紫外線量は無く、オゾンが発生することは、稀である。オゾンを生じうる室内発生源は、コロナ放電を利用した静電型空気清浄機やコピー機、レーザープリンタ、脱臭装置などである。20年ほど前に、Allen¹⁾、Sutton²⁾、Selway³⁾らは、空気清浄機とコピー機の発生量を求めている。国内においては、野崎⁴⁾らが社会福祉施設におけるオゾン濃度の実測を行っている。対象施設には、オゾン脱臭機やオゾン発生設備が導入されており測定した室内濃度は外気濃度を上回っていた。また、房家らが静電型空気清浄機の発生量を求めている。

しかしながら、これらの報告を用いて、室内濃度を正しく予測し、効果的な室内汚染防止対策を講ずることはきわめて困難な状況にある。特に、コピー機に関しては、近年の機種におけるオゾン発生量に関する報告が無く、脱臭装置に関する報告も見当たらない。また、温度、湿度、気流などの室内環境条件が器具のオゾン発生量・特性に与える影響も不明である。また、脱臭性能が表記されている器具に対して、その具体的な室内における脱臭効果とその限界値が不明である。

1-3 本研究事業による前年度までの経過

前年度においては、温度、湿度、換気量の制御できるステンレスチェンバーを使用し、各種オゾン発生源からの換気条件毎のオゾン発生濃度及び発生特性を明らかにした。また、ある環境条件下における各種オゾン利用装置の汚染物質除去率を求める基礎的研究を行った。

1-4 研究の目的

本研究では、1)室内オゾン発生量に関する理論的検討を行い、2)空気清浄機、脱臭機、コピー機、レーザープリンタからの発生特性及び発生量を定量的に明らかにし、3)オゾンによる室内化学物質除去特性とその限界を実験的に明らかにし、4)建築環境工学、建築衛生学的観点から室内オゾン汚染防止対策を講ずることを目的とする。これにより適確なオゾンの室内濃度予測法が確立可能になり、室内オゾン汚染防止対策が講ぜれることになる。

1-5 研究の構成と今後の展開

本年度においては、前年度に得られた知見を基に、更なる実験的研究を展開し、各種オゾン発生装置からの発生特性を定常的に得るものである。また、理論的に室内濃度構成メカニズムについて解明し、高精度の室内オゾン濃度予測法を確立する。また、オゾンによる化学物質除去についての報告が数少なく、オゾンの化学物質除去特性についても解明するものである。

すなわち、次の(1)～(3)を明らかにするものである。

- 1) 室内オゾン濃度予測法の確立
- 2) 各種オゾン発生装置からのオゾンの発生特性の把握
- 3) オゾンによる汚染物質除去特性の把握

2. 室内オゾン発生量に関する理論的検討

2-1 実験チャンバーの物理・化学的性質

2-1-1 実験チャンバーの換気回数

換気量を求める実験は、換気回数が制御でき、オゾンや臭気物質を吸収、吸着の小さい実験室で行う必要がある。そこで、ステンレス製のチャンバーシステムを作製した。本チャンバーは、任意の換気量が得られる機械換気装置を有したもので、4.977m³ (1.8m×1.8m×1.6m) の気積を有している。チャンバーには試料ガスを採用するため、サンプリング孔が設けられており、これを用いて試料ガスの採取を行った。チャンバー内の換気は、機械換気設備により任意の換気回数に設定できる。

ただし、設定換気回数が実際の換気回数に符合しているかといった点について、トレーサーガス濃度減衰法を用いて換気回数を算出した。具体的にはトレーサーガス(六化フッ素硫黄:SF₆)をステンレスチャンバー内に放散させ、トレーサーガス濃度の経時減衰を測定し、以下(1)式より換気回数を算出した。

$$n = 2.303 \times \frac{1}{t} \times \log \left\{ \frac{(C_1 - C_0)}{(C_2 - C_0)} \right\} \quad - (1)$$

ここで、n:換気回数 (回/h)

t:減衰を測定した時間(h)

C₁:測定を開始した時の六化フッ素硫黄濃度(ppm)

C₂: t 時間後の六化フッ素硫黄濃度(ppm)

C₀:外気中の六化フッ素硫黄濃度(ppm)とする。

結果を図-1、表-1に示す。

表-1 実験チャンバーにおけるSF₆濃度の経時変化

Time (min)	Conc.(ppb)		
	1回目	2回目	3回目
0	1620	1630	1600
10	1570	1560	1550
20	1500	1490	1490
30	1450	1450	1440
40	1410	1400	1400
50	1380	1360	1360
60	1340	1330	1320
70	1290	1280	1260

n(1/h) 0.1952 0.2072 0.2048

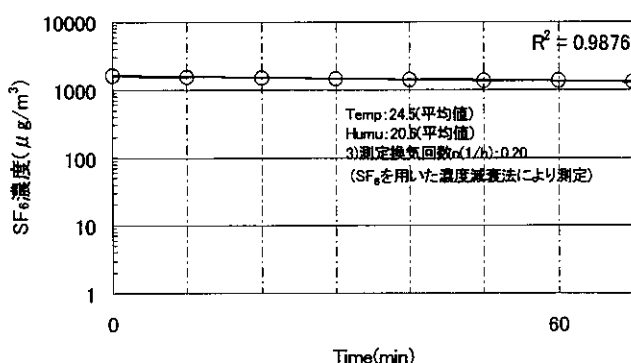


図-1 実験チャンバーにおけるSF₆濃度の経時変化

結果として、換気回数 n(1/h)=0.20 の値が得られた。これにより、本実験チャンバーは、n(1/h)=0.20 の換気回数を有するものと言える。

2-1-2 実験チャンバーの吸着性

オゾンは、吸着性の物質であることから、吸着による減衰係数を求めた。具体的には、チャンバー内でオゾンを発生させた後に発生を停止する。その濃度の経時的変化をオゾンモニターで測定し、減衰性を求める。オゾン濃度を初期濃度 1 (0.5ppm～)、初期濃度 2 (0.3ppm～)、初期濃度 3 (0.1ppm～) の 3 グループに分類して、実験を行った。吸着係数は、(1)式を用いて換気回数(n)=0.20(1/h)に相当させて表した。(表-2、図-2 参照)

表-2 実験チェンバー内における濃度別
オゾン濃度の減衰特性

Time(min)	オゾン濃度(ppm)		
	初期濃度1	初期濃度2	初期濃度3
0	0.518	0.305	0.105
5	0.476	0.279	
10	0.436	0.256	0.088
15	0.399	0.236	
20	0.365	0.216	0.073
25	0.334	0.198	
30	0.305	0.181	0.061
35		0.166	
40		0.152	0.051
45			
50		0.126	0.043
55			
60		0.105	0.036
換気回数(1/h)	1.06	1.07	1.07

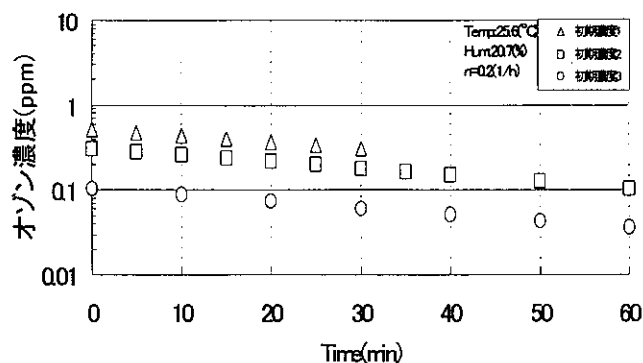


図-2 実験チェンバー内における濃度別
オゾン濃度の減衰特性

結果として、どのグループにおいても約1.10(1/h)の減衰性が示された。この値には、チェンバーの換気回数 $n(1/h)=0.20$ も加わっており、吸着率 $\alpha(1/h)$ としては、この値を差し引いた 0.90 が得られる。

2-1-3 実験チェンバー内における機器固有のオゾン除去特性

各種機器の運転に伴い、内部のフィルターによる室内のオゾン浄化効果が見られた。そこで各種機器運転に伴うオゾン濃度の減衰性を求めた。具体的には、チェンバー内に各種機器を設置し、オゾンを発生させた後に、発生を停止する。各種機器をアイドリングさせ、その濃度の経時的変化をオゾンモニターで測定し、その減衰性を求めた。オゾン濃度を初期濃度 1 (0.5ppm 程度)、初期濃度 2 (0.3ppm 程度)、初期濃度 3 (0.1ppm 程度) の 3 グループに分類して、実験を行った。(表-3、図-3 参照) 機器固有のオゾン除去率は、(1) 式を用いて換気回数 $n(1/h)=0.20$ に相当させて表した。

表-3 コピー機のアイドリング時における
室内オゾン濃度変化の一例

Time(min)	オゾン濃度(ppm)		
	初期濃度1	初期濃度2	初期濃度3
0	0.098	0.302	0.508
1	-	-	-
2	-	-	-
3	-	-	-
4	-	-	-
5	0.072	0.226	0.377
6	-	-	0.358
7	-	-	0.337
8	-	-	0.319
9	-	-	0.302
10	0.056	0.17	-
15	0.042	0.13	-
20	0.031	0.098	-
25	0.023	-	-
30	0.018	-	-
オゾン除去率(1/h)	3.39	3.38	3.47

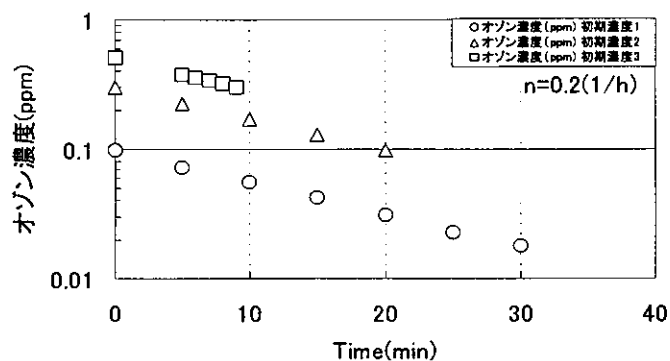


図-3 コピー機のアイドリング時における
室内オゾン濃度変化の一例

結果として、どのグループにおいても約3.4(1/h)の減衰性が得られた。この値には、チェンバーの換気換気回数 $n(1/h)=0.20$ と吸着率 $\alpha(1/h)=0.90$ も加わっており、機器固有のオゾン除去係数 $Q_e/R(1/h)$ としては、これらの値を差し引いた 2.3 が得られた。この値は、各種機器により異なるので、それぞれに関して測定した。

2-2 室内オゾン濃度予測法の理論的検討

室内にオゾン発生源がある場合の室内濃度予測式を理論的に検討をした。

ある時の室内オゾン濃度を C とすると、ある限られた短時間 dt における室内オゾン濃度の上昇 ΔC は、次式(2)で表される。

$$dt(M + QC_0 - QC - \alpha RC - Q_e C) = R \Delta C \quad - (2)$$

ここで、

C_0 : 外気のオゾン濃度 (ppm)

C_i : 室の初期濃度 (ppm)

Q : 部屋の換気回数 (m^3/h)

M : 対象器具の汚染質発生量 (ml/h)

R : 部屋の気積 (m^3)

t : 時間 (h)

α : 吸着率 (1/h)

Q_e : 発生源のオゾン除去率 (m^3/h) とする。

(2) 式を以下のように展開していく。

$$\frac{dc}{dt} = \frac{M}{R} - \frac{Q}{R}(C - C_0) - \alpha C - \frac{Q_e C}{R} \quad - (3)$$

$$\frac{dc}{dt} = \frac{M}{R} - \frac{Q}{R}C + \frac{Q}{R}C_0 - \alpha C - \frac{Q_e C}{R} \quad - (4)$$

$$\frac{dt}{dc} = \frac{R}{M} + \left(-\frac{Q}{R} - \alpha - \frac{Q_e}{R}\right)C + \frac{Q}{R}C_0 \quad - (5)$$

$$\frac{dt}{dc} = \frac{1}{R}(M + QC_0) - C\left(\frac{Q}{R} + \alpha + \frac{Q_e}{R}\right) \quad - (6)$$

$$\frac{dc}{dt} + \left(\frac{Q}{R} + \alpha + \frac{Q_e}{R}\right)C = \frac{1}{R}(M + QC_0) \quad - (7)$$

ここで、上式(7)は

$$\frac{dc}{dt} + f(t)C = g(t) \quad \text{の形となり、} \quad - (8)$$

$$f(t) = \frac{Q}{R} + \alpha + \frac{Q_e}{R} \quad \text{とし、} \quad - (9)$$

$$g(t) = \frac{1}{R}(M + QC_0) \quad \text{とすると、} \quad - (10)$$

$$C = e^{-\int f(t)dt} \left\{ \int g(t)e^{\int f(t)dt} dt + C \right\} \quad - (11)$$

の一般解が得られ、これらを解いて次式を得る。

$$C = e^{-\left(\frac{Q}{R} + \alpha + \frac{Q_e}{R}\right)t} \times \int \left\{ \frac{1}{R} (M + QC_0) \times e^{\left(\frac{Q}{R} + \alpha + \frac{Q_e}{R}\right)t} \right\} dt + C \quad - (12)$$

$$C = e^{-\left(\frac{Q}{R} + \alpha + \frac{Q_e}{R}\right)t} \times \left\{ \frac{1}{R} (M + QC_0) \frac{1}{\left(\frac{Q}{R} + \alpha + \frac{Q_e}{R}\right)} e^{\left(\frac{Q}{R} + \alpha + \frac{Q_e}{R}\right)t} + C_3 \right\} \quad - (13)$$

$$\text{ここで、} \quad \left(\frac{Q}{R} + \alpha + \frac{Q_e}{R}\right) = m \quad \text{とおいて、} \quad - (14)$$

(14) 式を(13) 式に代入すると、次式が得られる。

$$C = e^{-mt} \left\{ \frac{1}{R} (M + QC_0) \frac{1}{m} - e^{mt} + C_3 \right\} \quad - (15)$$

(15) 式を展開して、(16) 式を得る。

$$C = \frac{1}{Rm} (M + QC_0) + C_3 e^{-mt} \quad - (16)$$

ここで、初期条件として $C = C_1$ と仮定すると、

$$C_1 = \frac{1}{Rm} (M + QC_0) + C_3 \quad \text{となり、} \quad - (17)$$

$$\therefore C_3 = C_1 - \frac{1}{Rm} (M + QC_0) \quad \text{が得られる。} \quad - (18)$$

C_3 を(13) 式に代入して、次式が得られる。

$$C = \frac{1}{Rm} (M + QC_0) + \left\{ C_1 - \frac{1}{Rm} (M + QC_0) \right\} e^{-mt} \quad - (19)$$

(19) 式を以下のように展開していく。

$$C = \frac{1}{Rm} (M + QC_0) + C_1 e^{-mt} - \frac{1}{Rm} (M + QC_0) e^{-mt} \quad - (20)$$

$$C = \frac{1}{Rm} (M + QC_0) (1 - e^{-mt}) + C_1 e^{-mt} \quad - (21)$$

$$C = \frac{1}{Rm} (M - M e^{-mt} + QC_0 - QC_0 e^{-mt}) + C_1 e^{-mt} \quad - (22)$$

$$C = \frac{1}{Rm} \{ M (1 - e^{-mt}) + QC_0 (1 - e^{-mt}) \} + C_1 e^{-mt} \quad - (23)$$

$$C = \frac{1}{Rm}(1-e^{-mt})(M + QC_0) + C_1e^{-mt} \quad -(24)$$

$$C = C_1e^{-mt} + \frac{1}{Rm}(M + QC_0)(1-e^{-mt}) \quad (-25)$$

(25)式に $m = \frac{Q}{R} + \alpha + \frac{Q_e}{R}$ を代入して、次式を得る。

$$C = C_1e^{-\left(\frac{Q}{R} + \alpha + \frac{Q_e}{R}\right)t} + \frac{1}{R(Q + R\alpha + Q_e)}(M + QC_0)(1-e^{-\left(\frac{Q}{R} + \alpha + \frac{Q_e}{R}\right)t}) \quad -(26)$$

ここで、吸着速度 a (m/h)、室内の全吸着面積 S (m²) とすると、 $\alpha = \frac{aS}{R}$ の関係が成立するから、(26)式は、次の(27)式になる。

$$C = C_1e^{-\left(\frac{Q}{R} + \frac{aS}{R} + \frac{Q_e}{R}\right)t} + \frac{M + QC_0}{(Q + aS + Q_e)} \left\{ 1 - e^{-\left(\frac{Q}{R} + \frac{aS}{R} + \frac{Q_e}{R}\right)t} \right\} \quad -(27)$$

以上から室内にオゾン発生源がある場合の室内オゾン濃度予測が、(27)式を用いて行うことができる。

2-3 オゾン発生量の理論的検討

本実験条件のもとに、機器発生量を求める理論的検討を行った。室内濃度が定常に達する場合の発生量は、次式(28)にて求まる。

$$M = Q(C_{ss} - C_0) \quad -(28)$$

ここで、M:対象機器の汚染質発生量 (ml/h)

Q:室の換気量 (m³/h)

C_{ss} :定常濃度 (ppm)

C_0 :外気濃度 (ppm)

とする。

しかし、定常に達しない場合には、図-4または図-5に示すチャンバー内濃度変位を得ることにより、以下に示す理論式(35)式、(41)式の2式から発生量が算出できる。

(1) オゾン発生量の理論的検討(1)

ある限られた時間における室内オゾン濃度の増加から、発生源発生量Mを求めるものである。すなわち、2-2で検討した室内オゾン濃度予測式(25)を用いる。

-(25)

$$C = C_1e^{-mt} + \frac{1}{Rm}(M + QC_0)(1-e^{-mt})$$

ここで、 $\therefore (m = \frac{Q}{R} + \alpha + \frac{Q_e}{R})$ とする。

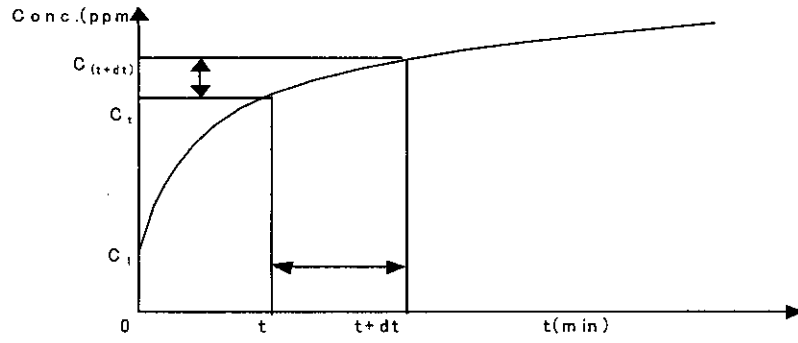


図-4 オゾン発生源を有する室内のオゾン濃度上昇特性(1)

図-4を参考に次式を得る。

$$\Delta C + C = C_1 e^{-m(t+\Delta t)} + \frac{M + QC_0}{mR} (1 - e^{-m(t+\Delta t)}) \quad - (29)$$

(29)式を以下のように展開していき、次式を得る。

$$\Delta C = C_1 e^{-mt} e^{-m\Delta t} - C_1 e^{-mt} + \frac{M + QC_0}{mR} (1 - e^{-mt} e^{-m\Delta t} - 1 + e^{-mt}) \quad - (30)$$

$$\Delta C = C_1 e^{-mt} (1 - e^{-m\Delta t}) + \frac{M + QC_0}{mR} \{ e^{-mt} (1 - e^{-m\Delta t}) \} \quad - (31)$$

$$\Delta C = -C_1 e^{-mt} (1 - e^{-m\Delta t}) + \frac{(M + QC_0)}{mR} e^{-mt} (1 - e^{-m\Delta t}) \quad - (32)$$

$$\Delta C = e^{-mt} (1 - e^{-m\Delta t}) \left(\frac{M + QC_0}{mR} - C_1 \right) \quad - (33)$$

$$\frac{M + QC_0}{mR} = \frac{\Delta C}{e^{-mt} (1 - e^{-m\Delta t})} + C_1 \quad - (34)$$

$$M + QC_0 = \frac{\Delta C m R}{e^{-mt} (1 - e^{-m\Delta t})} + m R C_1$$

$$\text{よって、} \therefore M = \frac{\Delta C m R}{e^{-mt} (1 - e^{-m\Delta t})} + m R C_1 - Q C_0 \quad \text{が得られる。} \quad - (35)$$

ここで、

C_0 : 外気のオゾン濃度 (ppm)

C_1 : 室の初期濃度 (ppm)

Q : 部屋の換気回数 (1/h)

M : 対象機器の汚染質発生量 (ml/h)

R : 部屋の気積 (m^3)

t : 時間 (h)

α : 吸着率 (1/h)

Q_c : 発生源のオゾン除去率 (m^3/h) とする。

(2) オゾン発生量の理論的検討(2)

ある任意の時刻における室内濃度から、その時の発生源発生量Mを求めるものである。2-2で検討した室内オゾン濃度予測式を用いる。

$$C = C_1 e^{-mt} + \frac{1}{Rm} (M + QC_0)(1 - e^{-mt}) \quad - (25)$$

ここで、 $\therefore (m = \frac{Q}{R} + \alpha + \frac{Q_e}{R})$ とする。

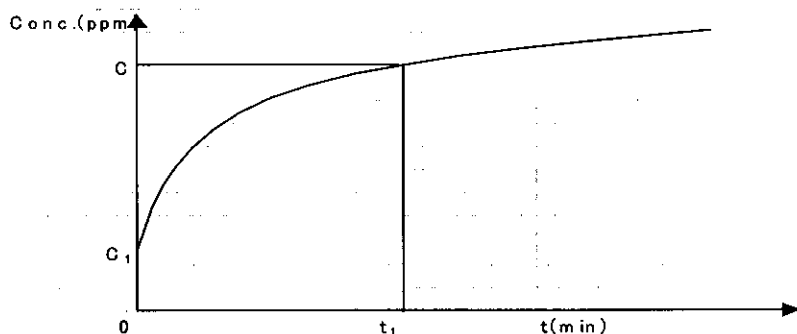


図-5 オゾン発生源を有する室内のオゾン濃度上昇特性(2)

図-5を参考に次式を得る。

$$C = C_1 e^{-mt} + \frac{1}{Rm} (M - Me^{-mt} + QC_0 - Qe^{-mt}) \quad - (36)$$

(36)式を展開して、次式を得る。

$$C = C_1 e^{-mt} + \frac{M}{Rm} (1 - e^{-mt}) + \frac{Q}{Rm} (C_0 - e^{-mt}) \quad - (37)$$

$$\text{よって、} \therefore \frac{M}{Rm} (1 - e^{-mt}) = C - C_1 e^{-mt} - \frac{Q}{Rm} (C_0 - e^{-mt}) \quad \text{が得られる。} \quad - (38)$$

(38)式を以下のように展開していき、次式を得る。

$$M(1 - e^{-mt}) = RmC - RmC_1 e^{-mt} - Q(C_0 - e^{-mt}) \quad - (39)$$

$$M = \frac{Rm}{(1 - e^{-mt})} (C - C_1 e^{-mt}) - \frac{Q(C_0 - e^{-mt})}{(1 - e^{-mt})} \quad - (40)$$

$$M = \frac{Rm(C - C_1 e^{-mt}) - Q(C_0 - e^{-mt})}{(1 - e^{-mt})} \quad - (41)$$

以上(35)式、(41)式の2式により、室内濃度の定常に達しない場合においても、器具発生量Mを算出することができる。

3. 室内発生源のオゾン発生量、発生特性に関する検討

3-1 測定対象機器

本研究では、高電圧や紫外線などを利用したオゾン発生源であるコピー機4台、レーザープリンタ3台インクジェットプリンタ1台、空気清浄機3台、脱臭器2台の計13台について、実験対象機器とする。

実験対象機器の仕様を表-4、写真-1～11に示す。

表-4 実験対象機器の仕様と実験概要

機種	機器	アイドリング時間 (min)	運転時間 (min)	印刷枚数 (枚)	風量 (m^3/min)	その他・特徴
PCM1	コピー機	30	60	1765		白黒
PCM2	コピー機	30	60	2500		白黒
PCM-3	コピー機	30	60	1935		白黒
PCM-4	コピー機	30	60	264		カラー
LP1	レーザープリンタ	30	60	1428		白黒
LP2	レーザープリンタ	30	60	966		白黒
LP-3	レーザープリンタ	30	60	516		白黒
IJP-1	インクジェットプリンタ	30	60	19		白黒
AC-1	空気清浄機	30	60		-	静電式
AC-2	空気清浄機	30	60		3	ファン式(活性炭+ULPA)
AC-3	空気清浄機	30	60		3.4	ファン式(プレ+静電+ULPA)
D-1	脱臭機	30	60		0.3	オゾン脱臭
D-2	脱臭機	30	60		0.3	オゾン脱臭

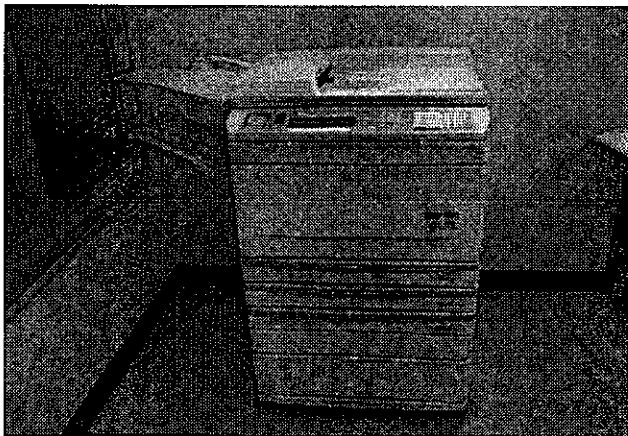


写真-1 PCM-1

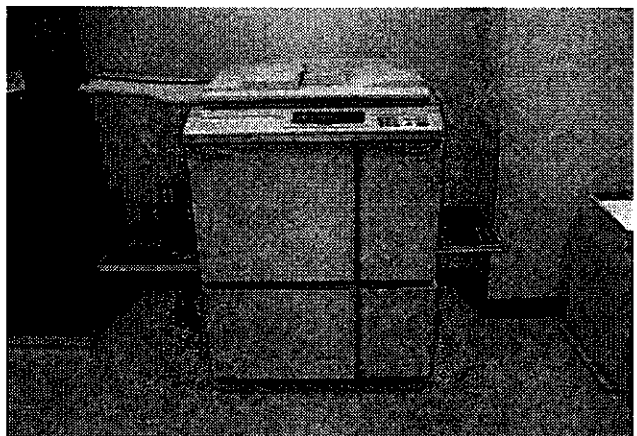


写真-3 PCM-3

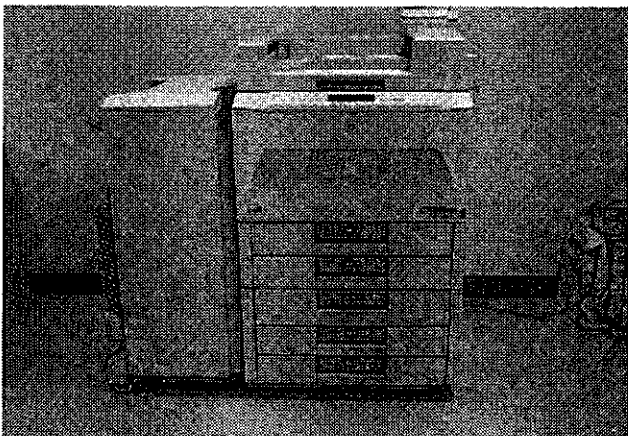


写真-2 PCM-2



写真-4 PCM-4

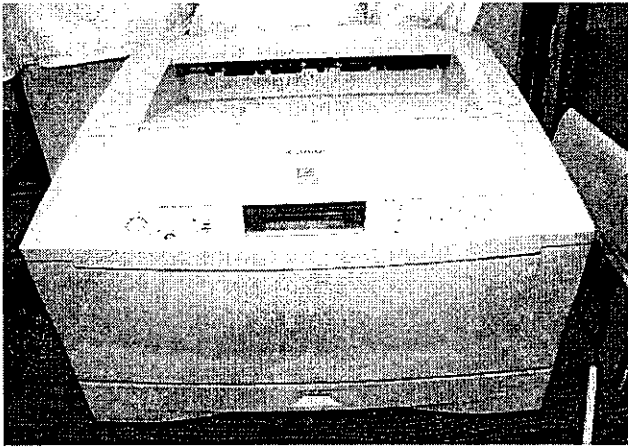


写真-5 LP-1

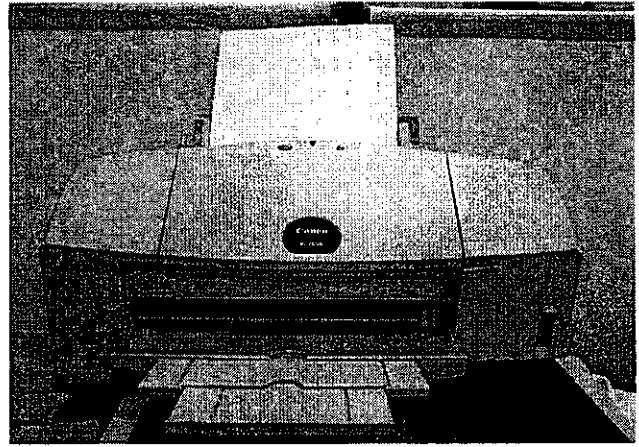


写真-8 IJP-1

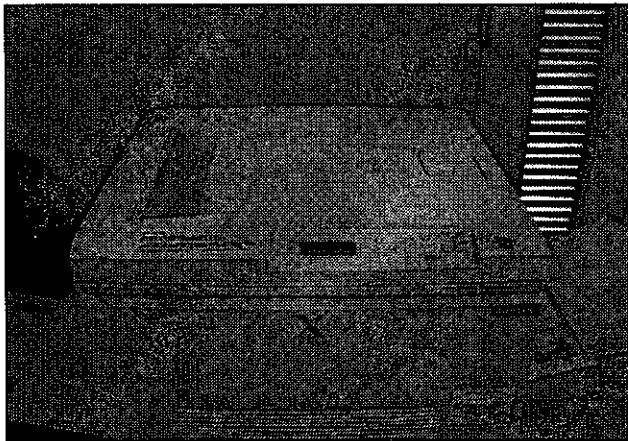


写真-6 LP-2

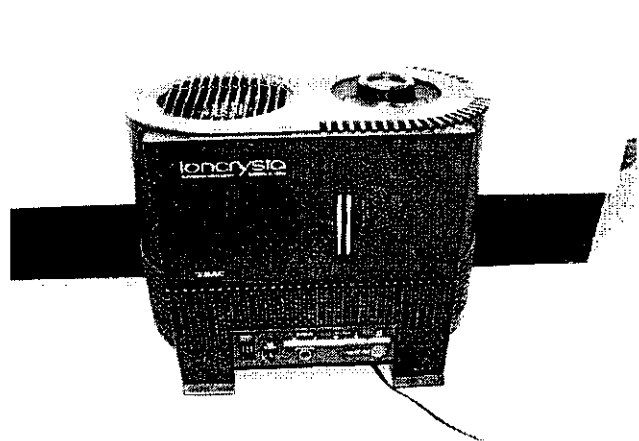


写真-9 AC-1

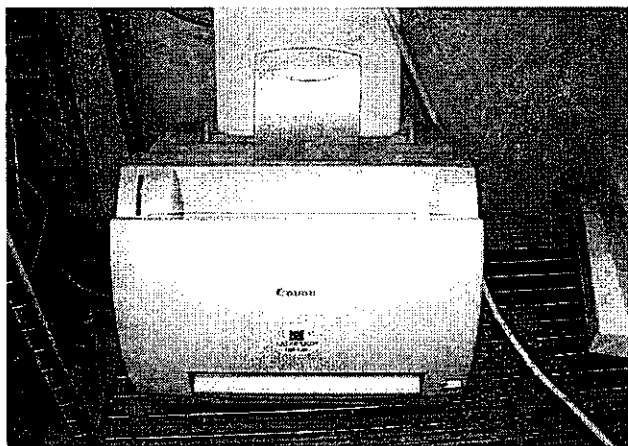


写真-7 LP-3

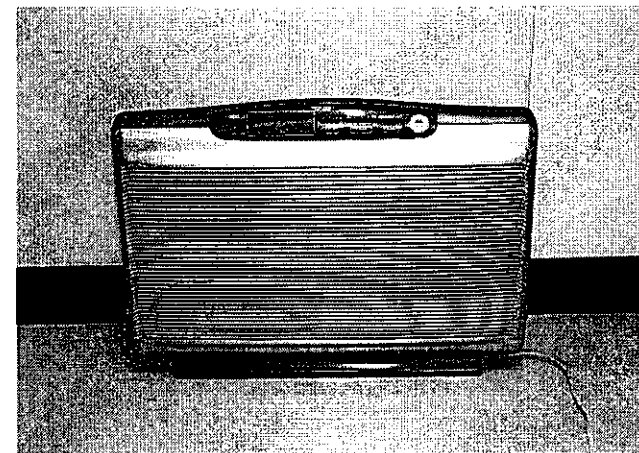


写真-10 AC-2

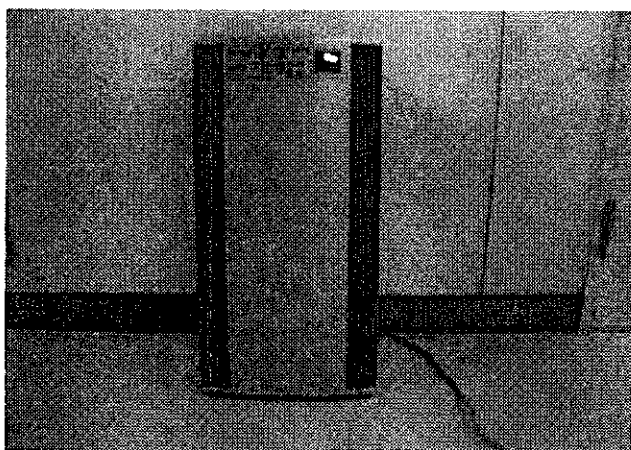


写真-11 AC-3

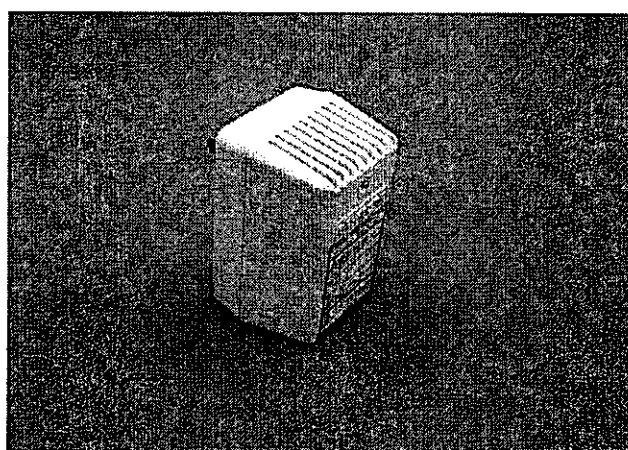


写真-12 D-1



写真-13 D-2

3-2 実験方法

3-2-1 実験システムの概要

コピー機、レーザープリンタからのオゾンの発生実験において、室内オゾンの定常濃度を求めるために使用する実験チェンバーの作製を行った。(写真-12参照)

室内UV法によるオゾンモニターは、湿度の影響を受けることから、サンプリングガスを除湿装置に通してサンプリングを行った。(写真-13参照)

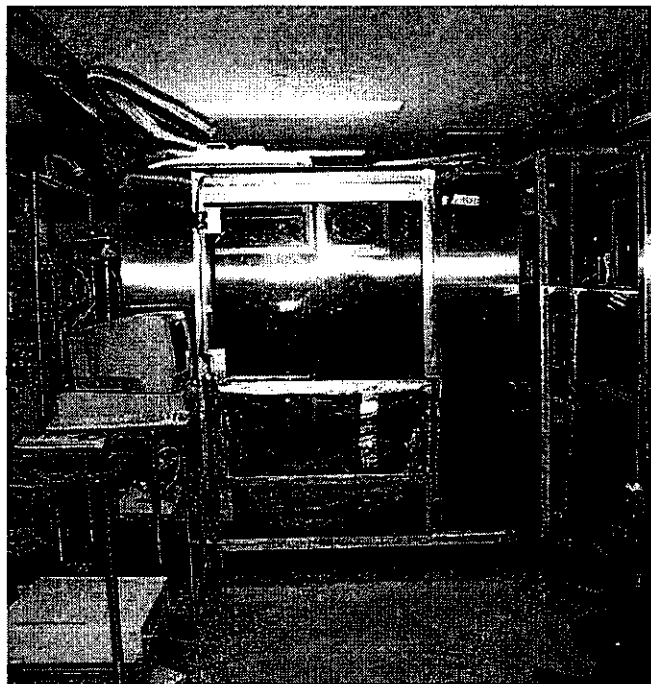


写真-12 実験チェンバーと測定装置

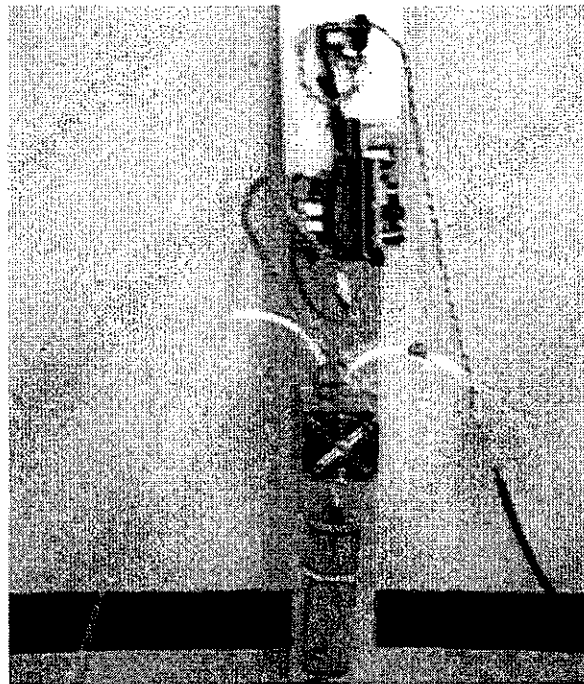


写真-13 除湿装置

3-2-2 測定機器・分析機器

各種ガス濃度については、次の機器を用いて行った。

- (1) オゾン濃度:紫外線吸収法オゾン濃度計(ダイレック社製、model:1200型)(写真-14参照)
- (2) 温度及び湿度:クリモマスター(日本カノマックス社製、model:6521型)
- (3) VOC濃度:光音響法測定装置-マルチガスモニター(B&K社製、model:1302型)(写真-15参照)

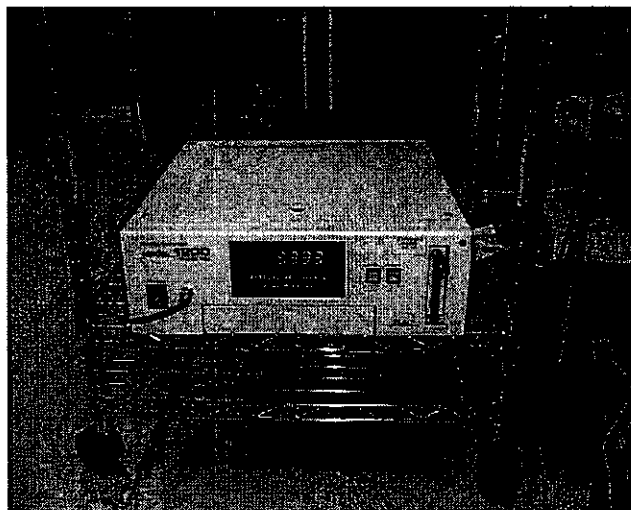


写真-14 オゾンモニター



写真-15 光音響法測定装置-マルチガスモニター

3-2-3 測定方法

換気量の制御された実験チャンバー内に、コピー機、レーザプリンタ、空気清浄機、オゾン脱臭機を挿入して運転を行った。この時の実験室内試料ガスを13秒ごとに採取し、オゾン濃度計で測定した。また、実験室内では室内の濃度分布を生じさせないための拡散ファンを常時運転した。尚、コピー機、レーザプリンタ使用時の印刷密度大は、文字種類：「あ」、サイズ：8pt、文字数：4290文字/A4、フォント：明朝体で実験を行った。

3-3 実験結果

3-3-1 コピー機使用に伴うオゾン濃度の経時変化

コピー機4機種の運転に伴うオゾン濃度の経時変化からオゾンの発生を定量的に明らかにした。コピー機のアイドリング運転中は、チェンバー内のオゾン濃度に、変化はなく、むしろ室内オゾン濃度は減少する事が分かった。このことから、アイドリング時のオゾン発生は無く、何らかのオゾン除去機構の存在が示された。これは、コンポーネント内に設置された排気処理用フィルターが、室内空気中のオゾンを除去しているものと思われる。すなわち、機器にオゾン浄化効果があることが示された。次に、機器運転に伴うオゾン濃度を測定したところ、明確なオゾン濃度の上昇が観察された。オゾン濃度の上昇は、チェンバーの気積と換気量及びコピー機のオゾン浄化効果の違いにもよるが、運転5～30分後にはほぼ定常濃度に達することが分る。(図-7～10参照)

カラーコピー機であるPCM-4運転に伴う室内オゾン濃度は、他の白黒印刷コピー機からの発生濃度と比較して低かった。これは、機器の機構の違いによるものと考えられる。特に、この機器においては、オゾン浄化効果を発揮するフィルター部の除去効果が大きかったものと考えられる。

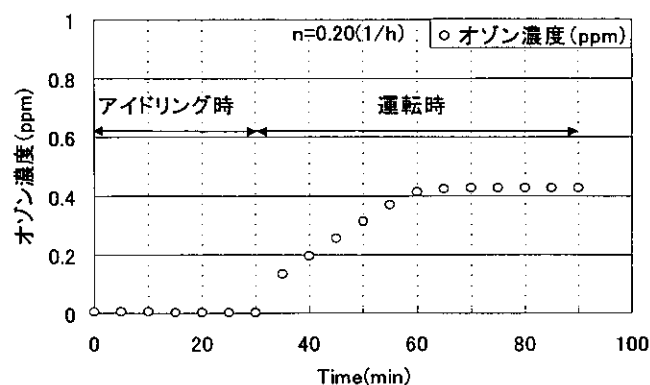


図-7 コピー機の使用に伴うオゾン濃度の経時変化 (PCM-1)

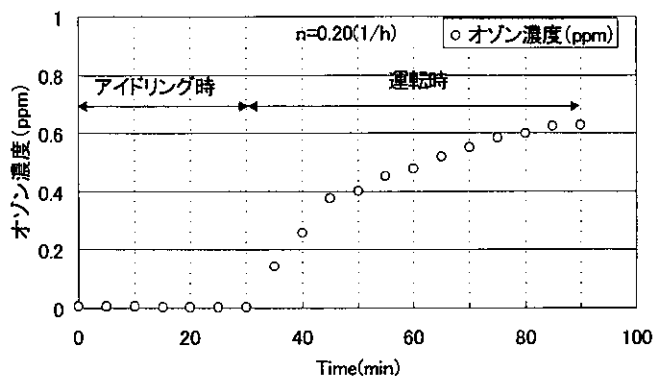


図-9 コピー機の使用に伴うオゾン濃度の経時変化 (PCM-3)

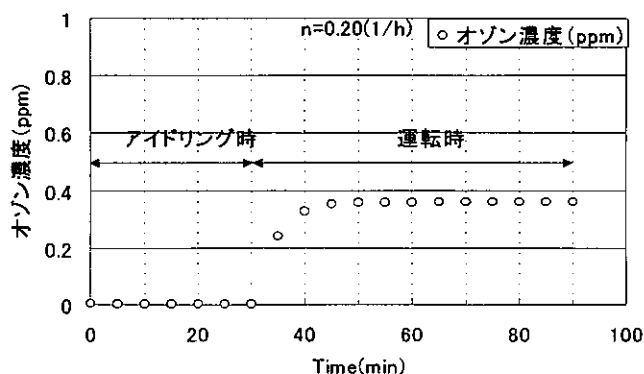


図-8 コピー機の使用に伴うオゾン濃度の経時変化 (PCM-2)

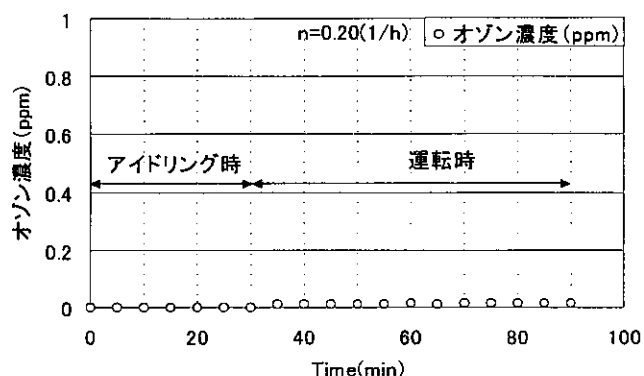


図-10 コピー機の使用に伴うオゾン濃度の経時変化 (PCM-4)

3-3-2レーザープリンタ使用に伴うオゾン濃度変化

レーザープリンタ3機種とインクジェットプリンタ1機種の運転に伴うオゾン濃度の経時変化からオゾンの発生量を定量的に明らかにした。

レーザープリンタのアイドリング運転中は、チェンバー内のオゾン濃度に、変化はなく、むしろ室内オゾン濃度は減少する事が分かった。このことから、アイドリング時のオゾン発生は無く、何らかのオゾン除去機構の存在が示された。これは、コンポーネント内に設置された排気処理用フィルターが、室内空気中のオゾンを除去しているものと思われる。すなわち、機器にオゾン浄化効果があることが示された。次に、機器運転に伴うオゾン濃度を測定したところ、明確なオゾン濃度の上昇が観察された。オゾン濃度の上昇は、チェンバーの気積と換気量及びレーザープリンタのオゾン浄化効果の違いにもよるが、運転5～20分後にはほぼ定常濃度に達することが分る。(図-11～14 参照)

レーザープリンタ運転に伴う室内オゾン濃度を測定したところ、コピー機からの発生濃度と比較して低かった。また、インクジェットプリンタに関しては、チェンバー内のオゾン濃度の上昇はみられなかった。これは、機器の機構の違いが考えられる。

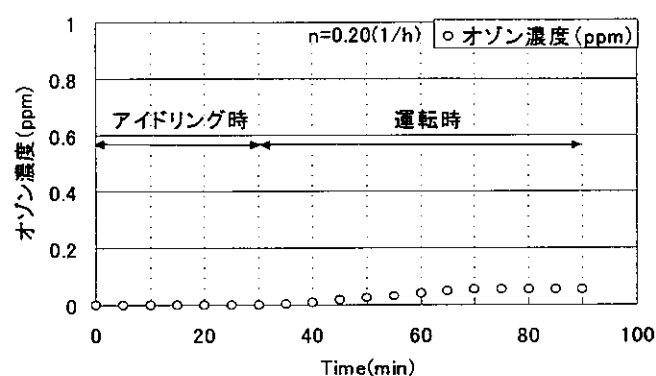


図-11 レーザープリンタ使用に伴うオゾン濃度の経時変化(LP-1)

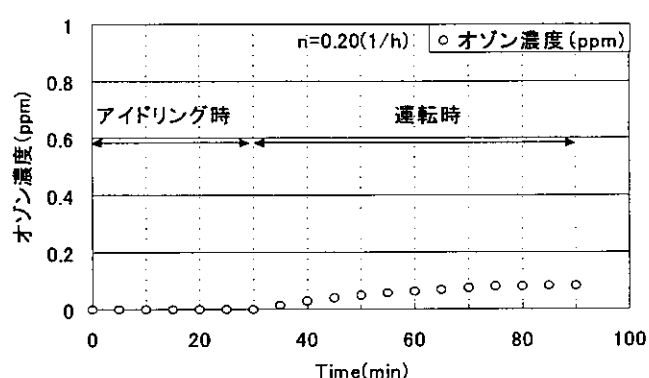


図-13 レーザープリンタ使用に伴うオゾン濃度の経時変化(LP-3)

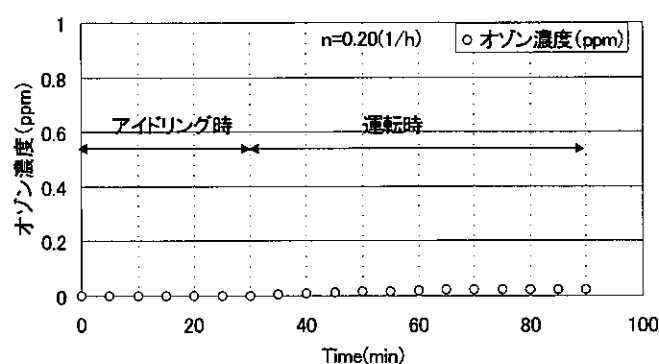


図-12 レーザープリンタ使用に伴うオゾン濃度の経時変化(LP-2)

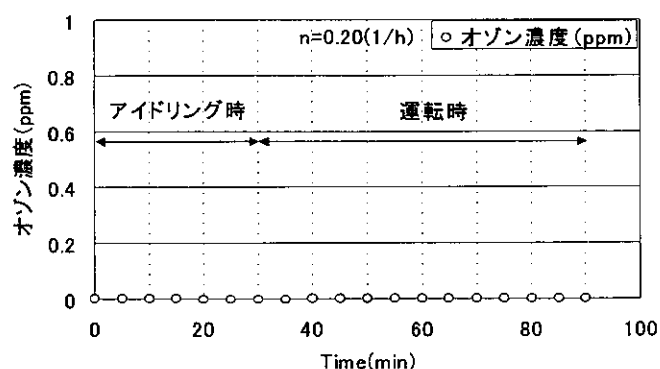


図-14 インクジェットプリンタ使用に伴うオゾン濃度の経時変化(IJP-1)

3-3-3 空気清浄機使用に伴うオゾン濃度の変化

空気清浄機使用に伴いオゾン濃度の上昇が観察された。オゾンを発生しうる機器は、静電式空気清浄機とプラズマフィルターを有する電気集塵式空気清浄機である。実際にオゾン濃度の上昇が観察された機種は、静電式の空気清浄機のAC-1のみであり、ファン式空気清浄機からはオゾンの発生は確認できなかった。

原因としては、機器の機構の違いが考えられる。特に、ファン式空気清浄機に積載されているオゾン浄化効果を発揮する活性炭の化学物質除去フィルターのオゾン除去効果が大きかったものと考えられる。(図-15参照)

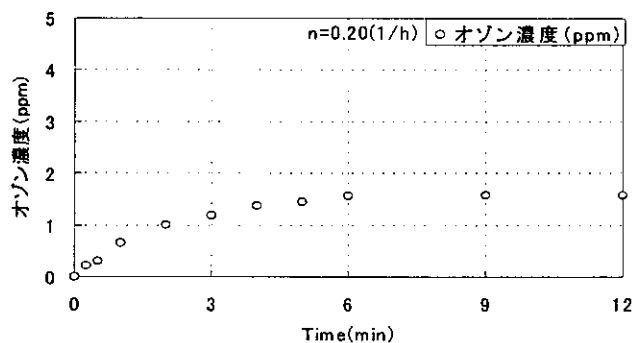


図-15 空気清浄機使用に伴うオゾン濃度の経時変化 (AC-1)

3-3-4 オゾン脱臭機使用に伴うオゾン濃度の変化

オゾン脱臭機の使用に伴い、オゾン濃度の上昇が観察された。(図-16、17参照)

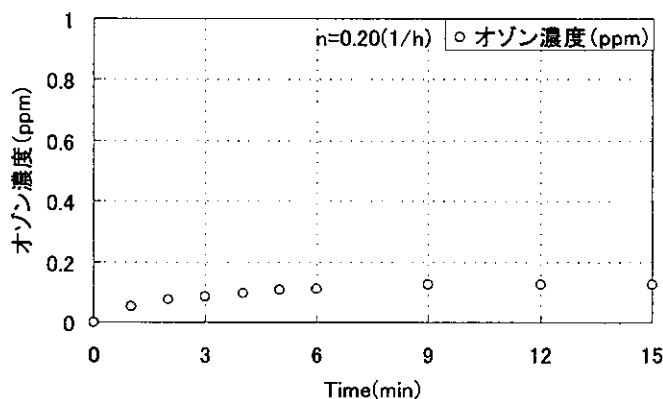


図-16 空気清浄機使用に伴うオゾン濃度の経時変化 (D-1)

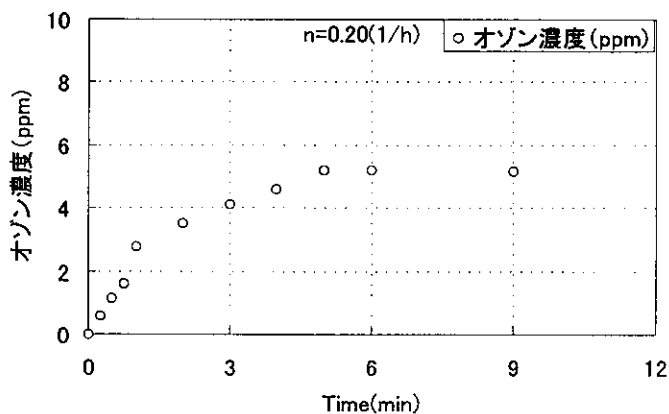


図-17 空気清浄機使用に伴うオゾン濃度の経時変化 (D-2)

4 考察

4-1 各種発生源からのオゾン発生量の検討-定常式による発生量と理論式による発生量との比較検討

ここで、各種発生源からのオゾン発生量の検討として、定常式(28)と理論式(35)、(41)の比較を行う。
ここで、

(28)式を用いて算出した発生量を M_1

(35)式を用いて算出した発生量を M_2

(41)式を用いて算出した発生量を M_3 と置く。

結果を表-6～16に示す。

表-6 機器使用に伴うオゾン発生量の経時変化(PCM-1)

アイドリング時	Time(min)	O ₃ 濃度 (ppm)	発生量(μg/h)		
			M ₂	M ₃	M ₁
	0	0.005			
	5	0.005			
	10	0.005			
	15	0.004			
	20	0.004			
	25	0.004			
	30	0.004			
運転時	Time(min)	O ₃ 濃度 (ppm)	発生量(μg/h)		
			M ₂	M ₃	M ₁
	0	0.004			
	5	0.135			
	10	0.197	14820	15127	
	15	0.256			
	20	0.312	9929	15285	
	25	0.37			
	30	0.412	12623	16745	
	35	0.425			
	40	0.426	2840	15787	
	45	0.427			
	50	0.428	681	15106	
	55	0.428			
	60	0.428	0	14708	
n(Q/R)(1/h)			0.2		
α(1/h)			0.9		
Q _s /R(1/h)			2.3		
m(1/h)			3.4		
印刷速度(枚/min)			23.8		
一枚印刷時の発生量 (μg/枚)			10.6		

表-8 機器使用に伴うオゾン発生量の経時変化(PCM-3)

アイドリング時	Time(min)	O ₃ 濃度 (ppm)	発生量(μg/h)		
			M ₂	M ₃	M ₁
	0	0.006			
	5	0.005			
	10	0.005			
	15	0.004			
	20	0.004			
	25	0.004			
	30	0.004			
運転時	Time(min)	O ₃ 濃度 (ppm)	発生量(μg/h)		
			M ₂	M ₃	M ₁
	0	0.004			
	5	0.145			
	10	0.257	19427	19438	
	15	0.376			
	20	0.402	12519	19163	
	25	0.453			
	30	0.48	9846	18803	
	35	0.52			
	40	0.552	14606	19576	
	45	0.586			
	50	0.6	16343	20159	
	55	0.627			
	60	0.628	16359	20468	
n(Q/R)(1/h)			0.2		
α(1/h)			0.9		
Q _s /R(1/h)			2.1		
m(1/h)			3.2		
印刷速度(枚/min)			32.3		
一枚印刷時の発生量 (μg/copy)			10.0		

表-7 機器使用に伴うオゾン発生量の経時変化(PCM-2)

アイドリング時	Time(min)	O ₃ 濃度 (ppm)	発生量(μg/h)		
			M ₂	M ₃	M ₁
	0	0.006			
	5	0.006			
	10	0.006			
	15	0.005			
	20	0.004			
	25	0.004			
	30	0.004			
運転時	Time(min)	O ₃ 濃度 (ppm)	発生量(μg/h)		
			M ₂	M ₃	M ₁
	0	0.004			
	5	0.242			
	10	0.318	17374	22705	
	15	0.423			
	20	0.523	17700	22431	
	25	0.602			
	30	0.64	14769	21691	
	35	0.68			
	40	0.724	17040	21535	
	45	0.763			
	50	0.783	20088	21538	
	55	0.784			
	60	0.784	584	20538	
n(Q/R)(1/h)			0.2		
α(1/h)			0.9		
Q _s /R(1/h)			1.35		
m(1/h)			2.45		
印刷速度(枚/min)			23.3		
一枚印刷時の発生量 (μg/枚)			16.3		

表-9 機器使用に伴うオゾン発生量の経時変化(PCM-4)

アイドリング時	Time(min)	O ₃ 濃度 (ppm)	発生量(μg/h)		
			M ₂	M ₃	M ₁
	0	0			
	5	0			
	10	0			
	15	0			
	20	0			
	25	0			
	30	0			
運転時	Time(min)	O ₃ 濃度 (ppm)	発生量(μg/h)		
			M ₂	M ₃	M ₁
	0	0			
	5	0.01			
	10	0.012	1044	1044	
	15	0.012			
	20	0.012	0	732	
	25	0.013			
	30	0.012	0	649	
	35	0.013			
	40	0.013	660	670	
	45	0.013			
	50	0.013	0	657	
	55	0.013			
	60	0.013	0	652	
n(Q/R)(1/h)			0.2		
α(1/h)			0.9		
Q _s /R(1/h)			3.1		
m(1/h)			4.2		
印刷速度(枚/min)			4.4		
一枚印刷時の発生量 (μg/枚)			4.0		