

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30

詳細リスク評価書シリーズ 24

オゾン—光化学オキシダント—

参考資料

7. 室内濃度の推定

2009 年 9 月 8 日

(独) 産業技術総合研究所 安全科学研究部門

1	本資料は「詳細リスク評価書シリーズ 24 オゾン－光化学オキシダント－」の参考資料である.	
2		
3	目次	
4	7. 室内濃度の推定	7-1
5	7.1. 推定方法	7-2
6	7.1.1. 推定方法の概要	7-2
7	7.1.2. 室外濃度（大気中濃度）	7-3
8	7.1.3. 減衰係数	7-4
9	7.1.4. 建物条件	7-4
10	7.1.5. 空気清浄機	7-6
11	7.2. 結果	7-7
12	7.2.1. 推定結果	7-7
13	7.2.2. 感度解析	7-9
14	7.3. 参考文献	7-10
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		

7.1. 推定方法

7.1.1. 推定方法の概要

参考資料 6 の 6.2 節により求めたオゾン発生速度 (M) と空気清浄機によるオゾン分解係数 (I) をもとに、国内・関東地方の一般家庭における室内濃度の確率分布を推定した。推定は、参考資料 式 6.2 を定常・平衡と仮定した参考資料 式 7.1 と Crystall Ball 7J を用いたモンテカルロ・シミュレーション (試行回数 50 万回) により実行した。各種パラメータの設定について以降に示した (参考資料 表 7.1)。

$$C = \frac{M + nRC_0}{\lambda R} = \frac{M + QC_0}{\lambda R} \quad (\text{参考資料 式 7.1})$$

なお、東京電力 (2003) による一般家庭 300 世帯に対するアンケート調査では、空気清浄機を 1 年中使用する世帯が 69% を占め、24 時間使用している世帯も 42.3% であることが示されていることから、本評価書では 24 時間通年使用を仮定した。また、複数の空気清浄機による複合効果については情報が得られなかったことから考慮していない。

1 参考資料 表 7.1 室内濃度推定に用いたパラメータの一覧

項目		空気清浄機			
		機械式	電気式	イオン式	
C_0 室外濃度（ppb）	8 時間値（10～18 時）がワイブル分布へ適合.				
	対象期間	パラメータ			
		形状	尺度	位置	
	2002 年	1.75	35.06	0.91	
	2002 年オゾンシーズン（4/1～9/30）	1.79	41.04	0.96	
	2001～2003 年オゾンシーズン（4/1～9/30）	1.97	42.14	0.91	
λ 減衰係数（1/h）	$n+m+l$		$n+m$		
n 換気回数（1/h）	対数正規，幾何平均 0.51，幾何標準偏差 1.80				
m 吸着係数（1/h）	対数正規，幾何平均 2.55，幾何標準偏差 1.59				
l 分解係数（1/h）	正規，平均 12.13， 標準偏差 5.35	正規，平均 5.43，標準偏差 4.59		0	
R	気積（m³）	面積×高さ			
	高さ（m）	三角，最頻値 2.4，範囲 2.1～3.0			
	面積（m²）	対数正規，幾何平均 60.69，幾何標準偏差 2.01			
M 発生速度(mL/h)	0	正規，平均 1,246，標準偏差 586		正規，平均 1,055，標準偏差 844	
世帯普及率		23.0%			
市場占有率		71.90%	15.91%		12.20%

2

3 7.1.2. 室外濃度 (大気中濃度)

4

5 室外濃度 (C_0) は評価対象年度である 2002 年のうち濃度が高いと予想された 4 月 1 日~9 月
6 30 日 (オゾンシーズン) を用いた. 集計範囲は関東地方の測定局とし, 8 時間値 (10~18 時) が
7 どのような確率分布へ適合するのかを検討した. 対象としたデータは 5.6 万個である. また, 後
8 述の感度解析に用いるため, 2002 年の年間平均値, および対象年度の前後を含めた 1999~2003
9 年度のオゾンシーズンの 2 つも併せて解析した. 対象データは, 2002 年では約 11 万個, 1999~
10 2003 年オゾンシーズンでは約 28 万個である. この解析に用いた 3 種の 8 時間値の確率分布はい
11 ずれもワイブル分布に最も適合した.

12

13

14

7.1.3. 減衰係数

減衰係数 (λ) は、換気回数 (n)、吸着係数 (m) と分解係数 (I) の和である。

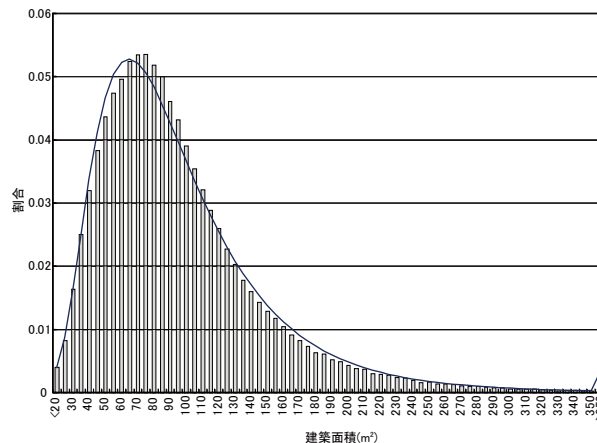
換気回数 (n) に関する統計情報はなく、また、我が国に関する大規模な調査も実施されていない。産業技術総合研究所安全科学研究部門による曝露係数ハンドブックでは、東北地方の 34 戸の住宅を対象とした三原ら (2004) による 4 種類の測定方法 (一定濃度法、風量測定法、定常発生法 (2 種類)) を用いた換気回数の測定結果を採用し、測定方法別換気回数の平均値から算出した、0.59 /h を代表値としている (産業技術総合研究所安全科学研究部門「曝露係数ハンドブック」)。この三原らの報告は最も測定数が多く、その報告値は他の報告値とほぼ一致している。以上のことから、本評価書でも三原らの報告値を採用した。また、対数正規分布を仮定した。

オゾンの吸着係数 (m) については、房家ら (1998) によりオフィスと住環境における実測値 (1.4, 2.6, 3.8) が報告されている。一方、Lee ら (1999) により行われた米国カリフォルニアの 43 住居を対象としたオゾン分解係数 (本評価では、吸着係数) の測定では平均 2.80、標準偏差 1.30 と報告されている。本評価書では、房家ら (1998) による報告値ともほぼ一致しており、データ数が多い Lee ら (1999) の報告値を採用した。確率分布の形状は対数正規分布を仮定した。なお、Lee らの文献では個別値が記載されていないのでグラフから読み取りを行ったが、読み取り値から計算した算術平均は 2.83 (標準偏差は 1.32) であり、文献に記載されている算術平均値や標準偏差との誤差は 1~3% であった。

空気清浄機による分解係数 (I) は、測定結果に基づき、機械式では平均 12.13、標準偏差 5.35 の正規分布、電気式は平均 5.43、標準偏差 4.59 の正規分布と設定した。

7.1.4. 建物条件

床面積と天井高の積である気積 (R) に関する統計情報はなく、床面積と天井高より推定する必要がある。延べ床面積の確率分布の形状についても統計情報がないため、任意に選んだ 5 都市 (福島市、つくば市、港区、世田谷区、四日市市) の地図データをもとに、戸建て住宅の建築面積を地理情報システムソフト (GIS) の空間情報システム (SIS) v6.2 にて集計したところ、建築面積のヒストグラムが参考資料 図 7.1 となり、対数正規分布と見なせることが分かった。本評価書では、延べ床面積の確率分布は建築面積と同様であると仮定し、対数正規分布に適合するとした。なお、対象とした地図データは 2 次元情報しか持たず、直接、延べ床面積の確率分布を求めることはできない。



参考資料 図 7.1 国内 5 都市（福島市，つくば市，港区，世田谷区，四日市市）の戸建住宅の
建築面積の分布

注：曲線は対数正規分布を表す。

延べ床面積については住宅・土地統計と国勢調査においてデータがある。

住宅・土地統計は、我が国の住宅等に関する実態を把握するために、層化 2 段階抽出法で 5 年ごとに行われている。最新調査は平成 15 年度である。このデータより一世帯あたりの延べ床面積を算出すると、全国では、全住宅 94.24 m²（推定世帯数¹47,164,900）、一戸建 127.44 m²（推定世帯数 26,720,300）、長屋建 61.93 m²（推定世帯数 1,490,100）、共同住宅 47.51 m²（推定世帯数 18,796,600）であり、関東では、全住宅 79.44 m²（推定世帯数 15,931,000）、一戸建 113.68 m²（推定世帯数 7,499,600）、長屋建 71.74 m²（推定世帯数 310,600）、共同住宅 46.54 m²（推定世帯数 8,066,800）であった（総務省統計局「平成 15 年度住宅・土地統計調査」）。

国勢調査は、我が国の人口状況を明らかにするため、5 年ごとに実施されている全数調査の統計データである。本評価書策定時における最新版は平成 12 年度であり、解析には国勢調査の地域メッシュ統計を用いた。一世帯あたりの延べ床面積の全国平均は 90.85 m²（世帯数 45,693,280）、関東地方では、77.56 m²（世帯数 15,200,094）である（総務省統計局「平成 12 年国勢調査」）。また、延べ床面積別の世帯数も示されており、これに対数正規分布を当てはめると、全国では幾何平均値 70.11、幾何標準偏差 2.05、関東地方では幾何平均値 60.69、幾何標準偏差 2.01 が最も適合した。この指標を以降の推定に用いた。

居室の高さに関しての統計情報はない。建築基準法施行令第二十一条では平均 2.1 m 以上、住

¹ この統計は、全数調査ではないため、世帯数等も推定値となる。

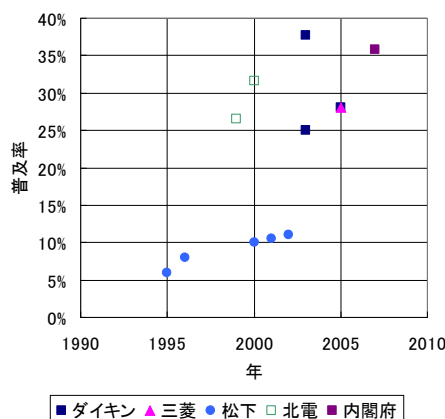
宅金融公庫の公庫住宅等基礎基準では共同住宅の居住室の天井高さは平均 2.3 m 以上と定められていることから、本評価書では、2.10 m を下限値とし、2.40 m を最頻値、3.00 m を最大値とした三角分布を仮定した。

7.1.5. 空気清浄機

空気清浄機からのオゾン発生速度 (M) は、測定結果に基づき、電気式では平均 1,246、標準偏差 586 の正規分布、イオン式は平均 1,055、標準偏差 844 の正規分布と個別に設定した。なお、電気式空気清浄機は分解係数も設定したが、測定結果ではすべての電気式空気清浄機でオゾンの発生が認められたことから見かけの発生速度が正となる仮定をおいた。

最終的な室内濃度の確率分布は、空気清浄機の普及率、機種別市場占有率に応じて合成した確率分布を結果とした。

消費者の意識の把握を目的とした消費動向調査は三段抽出した全国 6,720 世帯を対象として行われている。この調査には主要な電気製品の普及率が含まれており、2007 年 3 月から空気清浄機も調査対象とされ、2007 年 3 月時点での普及率は 35.8%であった（内閣府 2007）。複数の空気清浄機の普及率調査・予測結果を参考資料 図 7.2 にまとめた。対象とする 2002 年度については情報がないことから、参考資料 図 7.2 のデータに基づき直線回帰により普及率を 23.0%と仮定した。この仮定では約 77%の家庭では空気清浄機を使用しておらず、空気清浄機を使用していない世帯では換気によるオゾンの侵入と部屋の表面等によるオゾンの分解により室内濃度が決定される。



参考資料 図 7.2 空気清浄機の国内シェア調査のまとめ

[出典：ダイキン（2003，2004，2006），三菱電機（2005），松下電器産業（2005），北海道電

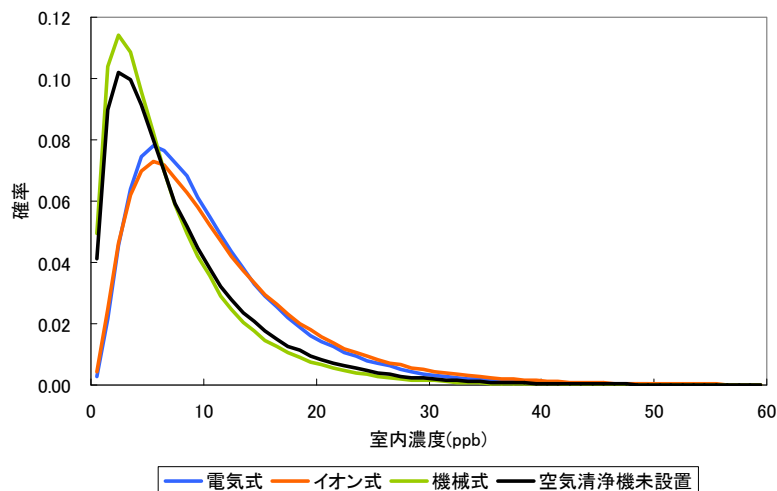
力 (2001), 内閣府 (2007),]

空気清浄機種類別市場占有率は、主として電気集塵式空気清浄機を生産している事業者の市場占有率 (15.91%) を電気式に、「その他」の項目となっている市場占有率 (12.20%) をイオン式と仮定した。なお、事業者別市場占有率は日本エコノミックセンターによる 2002 年度の台数ベースに基づく値を用いた (日本エコノミックセンター2004)。

7.2. 結果

7.2.1. 推定結果

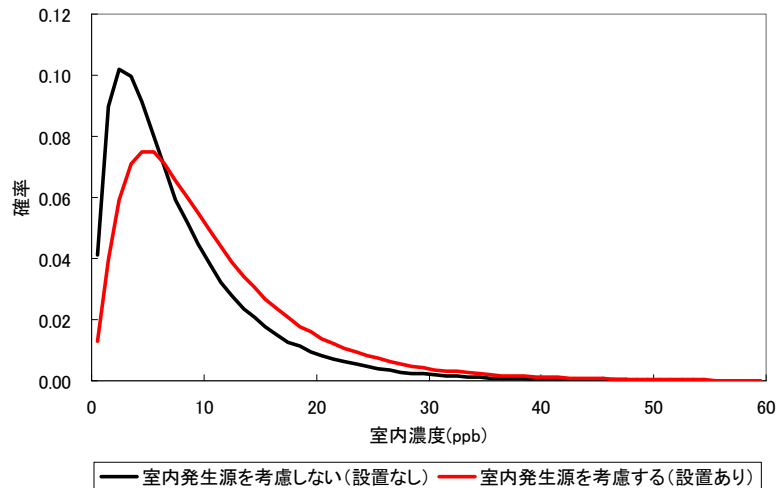
参考資料 図 7.3 に 2002 年のオゾンシーズンの室外濃度に基づく、空気清浄機の機種別室内濃度を示した。機械式空気清浄機のある世帯は空気清浄機のない世帯よりも低く、それぞれの平均 $\pm$ 標準偏差は 7.10 ± 6.18 ppb, 7.92 ± 6.88 ppb であった。これに対して、電気式、イオン式空気清浄機のある世帯は高濃度側にピークが移動しており、それぞれの平均 $\pm$ 標準偏差は 10.75 ± 7.37 ppb, 11.45 ± 8.38 ppb と推定された。



参考資料 図 7.3 空気清浄機の種類別室内濃度の推定結果

参考資料 図 7.4 に室内発生源を考慮した場合と考慮しない場合の室内濃度の推定結果を示した。室内発生源を考慮しない関東地方の世帯における平均 $\pm$ 標準偏差は 7.92 ± 6.88 ppb であったが、室内発生源を考慮した場合は 10.63 ± 8.20 ppb であった。また、評価書 表 V.1 にまとめた既存報告文献中のオゾンシーズンのデータと、推定した室内濃度や室内濃度/室外濃度 (I/O) 比を比較したところ、室内濃度の推定値 7.92 ppb に対して、実測値は 3~29 ppb, I/O 比の推定

値 0.19 ± 0.11 に対して、実測値では $0.15 \sim 0.46$ であり、若干の過小評価が認められるものの、換気回数等の季節変動を考慮していない条件下において、おおむね妥当な推定結果と考えられた。



参考資料 図 7.4 室内発生源の有無による室内濃度分布の違い

参考のために、関東地方における参照値を超過する確率を算出した（参考資料 表 7.2）。室外濃度を 2002 年オゾンシーズンとした場合、いずれの参照値でも超過確率はほぼ 0%であり、空気清浄機の有無による大きな差は見られなかった。なお、大気中濃度のモニタリングデータを曝露濃度として導出された参照値を室内濃度と直接比較することには注意が必要である。

参考資料 表 7.2 室内発生源の有無による参照値の超過確率

濃度(ppb)	室内発生源を考慮しない	室内発生源を考慮する
60	0.02%	0.08%
70	0.00%	0.01%
80	0.00%	0.00%
120	0.00%	0.00%
240	0.00%	0.00%

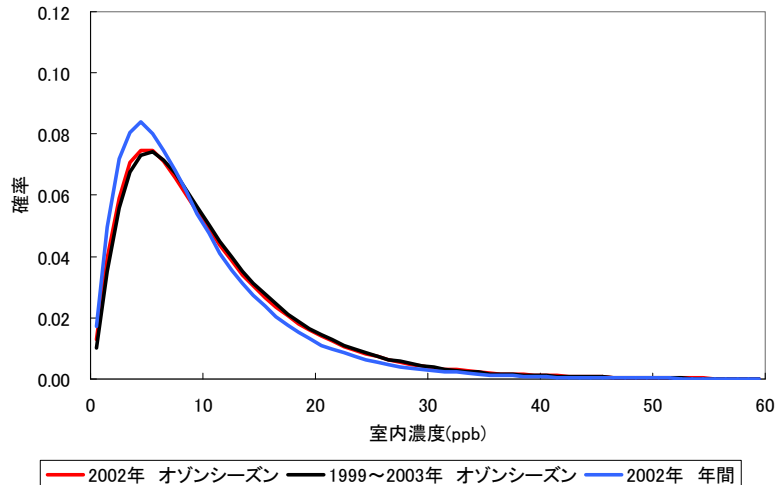
室内濃度に関するより詳細な解析を行うためには、空気清浄機だけでなくエアコンによる換気回数、オゾン発生速度とオゾン分解能を明らかにする必要がある。しかしながら、空気清浄機能が付加されたエアコンの普及率が低いこと、例えオゾンが発生したとしても直接室内へ放出される機構となっておらず、さらにオゾン分解能が空気清浄機よりも高いと予想されることから、

1 重大な寄与は示さないと判断し、評価対象としなかった。

3 7.2.2. 感度解析

5 室外濃度を 2002 年オゾンシーズンから 2002 年の年間や 1999～2003 年オゾンシーズンのデー
6 タへ変更した場合、空気清浄機からのオゾン発生速度の確率分布の仮定を正規分布から対数正規
7 分布へ変更した場合、建物延べ面積を基準とした濃度推定から居室面積を基準とした濃度推定へ
8 変更した場合の 3 つを感度解析として行った。

10 参考資料 図 7.5 に室外濃度に関する感度解析の結果を示した。感度解析に用いたのは評価
11 対象年である 2002 年の年間データ、2002 年を含む 1999～2003 年オゾンシーズンのデータであ
12 る。2002 年の年間のデータを用いた場合には、室内濃度は 9.54 ± 7.443 ppb と推定され、オゾ
13 ンシーズンのデータだけでは 10.63 ± 8.20 ppb と推定された。5 年間（1999～2003 年）のオゾン
14 シーズンデータを用いた場合には 10.76 ± 8.04 ppb であった。いずれの期間を採用した場合にお
15 いても室内濃度の確率分布は大きく異ならなかった（参考資料 表 7.3）。また、参照値の超過確
16 率も室外濃度データの違いによって大きく異ならなかった。



19 参考資料 図 7.5 室外濃度に関する感度解析

23 参考資料 表 7.3 パラメータを変更した場合の室内濃度の推定結果

室外濃度データ	オゾン濃度 (ppb) : 平均±標準偏差	
	オゾン発生速度の	オゾン発生速度の
	確率密度分布 : 正規分布	確率密度分布 : 対数正規分布
2002 年 オゾンシーズン	10.63 ± 8.20	10.33 ± 8.17
2002 年 年間	9.54 ± 7.44	9.23 ± 7.41
1999～2003 年 オゾンシーズン	10.76 ± 8.04	10.46 ± 8.02

次に、空気清浄機からのオゾン発生速度を正規分布から対数正規分布とした場合について述べる。対数正規分布を仮定した場合の電気式空気清浄機、イオン式空気清浄機のオゾン発生速度の幾何平均値は測定値にもとづいて 1,098 および 871, 幾何標準偏差は 1.781 および 1.949 とした。この解析の結果では、対数正規分布の場合の室内濃度は 10.33 ± 8.17 ppb と推定され、正規分布を仮定して推定した室内濃度が 10.63 ± 8.20 ppb であることから、両者はおおむね一致していた（参考資料 表 7.3）。参照値の超過確率もほぼ同じ値で大きな差がなかった。

最後に、建物延べ面積を基準とした評価ではなく、居室面積を基準とした場合について述べる。我が国の総居室面積（一人あたりの居室面積×我が国の総人口）を我が国の総居室数（一住宅あたりの居室数×我が国の住宅数）で除した値を居室面積の平均値（ 11.21 m^2 ）とし、平均値の 50% を標準偏差（ 5.62 m^2 ）として解析を行った。この解析の結果によると室外濃度データの違いによって室内濃度は大きく異ならなかった。また 60 ppb 超過確率は 4.27～4.71%, 120 ppb 超過確率は約 0.29～0.31%と推定された。2000 年度の国勢調査（地域メッシュ統計）によると、関東地方の世帯数（住宅に住む世帯数）は 15,200,094 であり、総人口（40,421,215）を住宅に住む世帯数（15,200,094）で除した値、すなわち一世帯当たりの人数を 2.659 人とする、それぞれの超過確率に相当する人口は、4.71%で 1,900,000 人、0.31%で 13,000 人である。しかしながら、前述したようにモンテカルロ・シミュレーションで推定された I/O 比が 0.70～0.84 であり、国外の調査結果（0.15～0.46）と比較すると高く、室内濃度が過大評価の可能性があることに注意が必要である。

7.3. 参考文献

産業技術総合研究所安全科学研究部門．曝露係数ハンドブック．
<http://unit.aist.go.jp/riss/crm/exposurefactors/index.html>（アクセス日 2008.06.26）．
 住宅金融公庫．公庫住宅等基礎基準．<http://www.jyukou.go.jp/yusi/koukojutaku/pdf/kijun01.pdf>
 （アクセス日 2007.03.23）．
 総務省統計局．平成 12 年国勢調査．<http://www.stat.go.jp/data/kokusei/>（アクセス日 2007.03.23）
 総務省統計局．平成 15 年住宅・土地統計調査の確報集計結果．

1 <http://www.stat.go.jp/data/jyutaku/2003/index.htm> (アクセス日 2007.03.23).

2 ダイキン (2003). 冬の空気と風邪に関する調査結果.

3 ダイキン (2004). 「フラッシュストリーマ光クリエール」2 機種新発売. ダイキン

4 <http://www.daikin.co.jp/press/2004/040817/index.html> (アクセス日 2007.03.23).

5 ダイキン (2006). わが家のウォームビズと冬の空気環境に関する調査結果.

6 東京電力 (2003). TEPCO 暮らしのラボ「電気で快適生活術 vol.1 きれいな空気で過ごす」.

7 <http://www.tepco-switch.com/life/labo/comfortable/vol1/02-j.html> (ア ク セ ス 日

8 2007.03.23).

9 内閣府 (2007) 消費動向調査 (平成 17 年 3 月調査)

10 日本エコノミックセンター (2004). '04 空気清浄機市場の現状と展望. 東京.

11 日本電機工業会 (1995). 日本電気工業会規格「家庭用空気清浄機」(JEM1467)

12 北海道電力 (2000). 北海道における電気機器普及率について. 北海道電力

13 <http://www.hepco.co.jp/press/h12/0227.html> (アクセス日 2006.10.12).

14 房家正博, 雨谷敬史, 松下秀鶴, 相馬光之 (1998). 空気清浄機から発生するオゾンとその室内

15 濃度に与える要因. 環境化学, 8(4):823-830.

16 松下電器産業 (2005). 空気清浄機開発ストーリー. 松下電器産業

17 <http://panasonic.co.jp/products/story/air-cleaner/case04/case04.html> (アクセス日

18 2007.03.23).

19 三原邦彰, 吉野博, 三田村輝章, 鈴木憲高, 熊谷一清, 奥泉裕美子, 野口美由貴, 柳沢幸雄, 大

20 澤元毅. (2004). 居住状態の住宅 34 戸における換気量測定. 環境の管理: 日本環境

21 管理学会誌, 52:166-169.

22 三菱電機 (2005). 空気清浄機「プラズマッハ」新商品発売のお知らせ. 三菱電機

23 <http://www.mitsubishielectric.co.jp/news-data/2005/pdf/0823-b.pdf> (ア ク セ ス 日

24 2007.03.23).

25 Lee K, Vallarino J, Dumyahn T, Özkaynak H, Spengler JD. (1999). Ozone decay rates in

26 residences. J. Air & waste Manage. Assoc., 49:1238-1244.

27

28