

大気中揮発性有機化合物簡易分析法の検討

化学物質による大気汚染を考える会 ●森上 展安

1. 概況

人類の歴史にはなかったような多様な揮発性有機化合物（VOC = Volatile Organic Compounds）による空気汚染が健康に大きな影響を及ぼしているのではないかと感じている人は多いが、不作為的発生もあり、その実態にせまる研究はほとんど皆無である。そのため対策を検討しようもなく、健康被害者が泣き暮らしたまま放置されているばかりでなく、医療費の増大や出生率および体力の低下として社会の成り立ちをも脅かし始めた。実態把握が進まない理由のひとつは、大気中のVOC分析器（GC-MSなど）の発達が遅れており、取り扱いに極めて高度な研修と高額費用が必要なので少数の専門家以外には使用できない上に、存在するVOC全部が分かるわけでもないからである。大気汚染防止法が改正されて一部の発生源VOCとその全濃度（TVOC）が規制されてから簡易なTVOC計が多数市販されるようになったが、大気中の測定には感度不足であり、また汚染種類を判別する機能がない。ほかにクロマトグラフ型簡易VOCモニター数種が市販され、これは専門的分析器のような性能はないものの、

取り扱いが容易で手の届く経費だという利点があるので広範囲な観察が行え、従来不明であったVOC汚染の全体像を調査できる可能性がでてきた。

本研究では実際に、参加市民に数時間の研修を行ってから、各自がそれぞれの地点に測定器を設置して、連続分析で時間による変動などを調べ、今後の調査に利用できる可能性と、空気汚染に関して現在までの規制の考え方だけでは対処できないという実態を明らかにした。

2. 研究の方法

2.1 参加者と予習のセミナー

まだ大気研究への適用例のない測定器（クロマト型携帯VOCモニターJMS1000）を用いて、空気汚染測定調査研究をスタートさせた。参加者は閉じられた会員ではなく、必要性を感じて測定を希望している不特定の市民と、指導的協力研究者で、基礎知識と実験方法ならびにデータ整理方法の研修を行いながら、それぞれの地域で外気と室内空気の連続測定を実施した。

2.2 測定方法——測定器、測定対象、測定条件

使用した測定器は、検出管および半導体検出器のセットを、やや揮発し難い物質までの全範囲を測るためと、揮発しやすい範囲のみやや詳しく調べるためとに、2セット直列に接続してあり、空気を自動採取して測定・記録した後ごとに、分析器各部分が自動的に加熱し、ガス化する操作を繰り返し、99回まで連続測定できるものである。この研究では、1時間おきに1リットルの空気を採取・分析して出来るだけ長く連続する条件にして、主として外気を、一部は室内空気および物品から放出された空気を連続測定した。

測定項目としては、汚染物質合計濃度（TVOC）と、キャリアレーションしたトルエン、エチルベンゼン、キシレン、スチレン、および計算したその他の物質合計の濃度を調べたほかに、VOC種類と各物質の相対濃度を、特別な汚染問題がない幹線道路沿いの大気を標準として比較検討した。

■ 化学物質による大気汚染を考える会

1996年に東京都が杉並区に設置したプラスチック主体ゴミの“最新鋭”圧縮中継施設稼動と同時に始まった、広範囲の大気汚染と重大な健康被害に端を発し、種々な発生源による各地の大気汚染による健康被害を防ぐ目的で、1999年に発足した「化学物質による大気汚染（と健康）を考える会」を継続したものである。当会は当初の約1年間は、被害者らが超党派議員世話人・研究者らを招き、衆・参議院会館での研究会、陳情などを行いNPO設立を立案したが、中心被害者等が相次いで病状悪化したため運動を縮小しながら今日に至ったものである。

●助成研究テーマ

大気中揮発性有機化合物簡易分析法の検討

●助成金額

2007年度 60万円

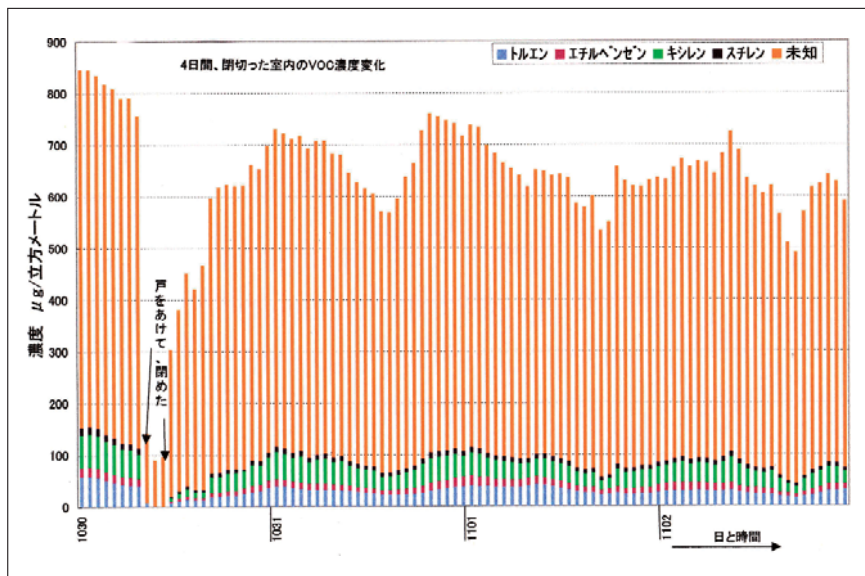


図1 月曜から木曜まで閉め切った室内のVOC濃度変化（月曜8時から10時までは戸を開放）。閉め切り室内の濃度変動は数十%以内であった。

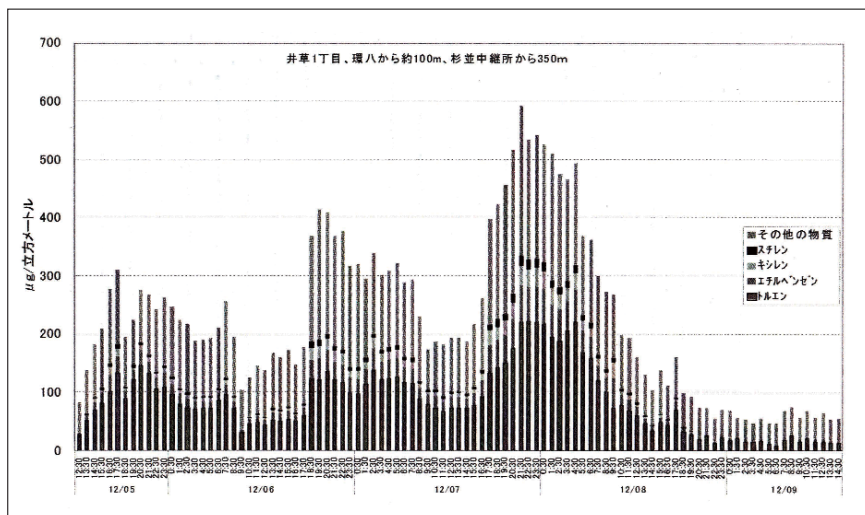


図2 外気中VOC濃度の変動は10倍にも及ぶ。夜間は交通量が減るにもかかわらず濃度が増加した。測定点は環状八号線から約100mの奥まった住宅地で、杉並中継所から350m南の高台。

3. 実験結果

3.1 室内——TVOC値と物質種類

図1に示すように、閉め切った室内の空気は一般に変動が少なく、外気に開放した時に比べ数倍の高濃度となる。4日間一定条件で閉め切っていた時の総揮発性物質濃度（TVOC）の変動は40%以内であった。

汚染物質の種類と濃度は建物ごとに異なっていたが、シックハウスに関する室内空気ガイドライン：400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ を大きく上回る公共建物や民家が少なかった。外気が普通の時には、開放換気することで汚染濃度は問題なく低減された。物質種類は外気には普通ほとんどないスチレンもしばしば見られたが、トル

エン、エチルベンゼン、キシレン、および測定範囲の外にあるホルムアルデヒドとも異なる多種類の未知物質が見られ、現在規制されている物質の測定だけではシックハウスの判定が不十分なことが示された。

3.2 外気——同一地点での変動、地域ごとの特徴

しかしもっと問題なのは、時として外気が異様な物質で汚染され、室内を上回る高濃度となり、同時に住民の体調不良が経験されたことである。外気のTVOCは、全体では20ないし2,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ の範囲にあって、室内ガイドライン（400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）を超えることも珍しくなかった。またそれぞれの地域での時間と気象による変動も著しく、図2の例のように10倍にもなった。

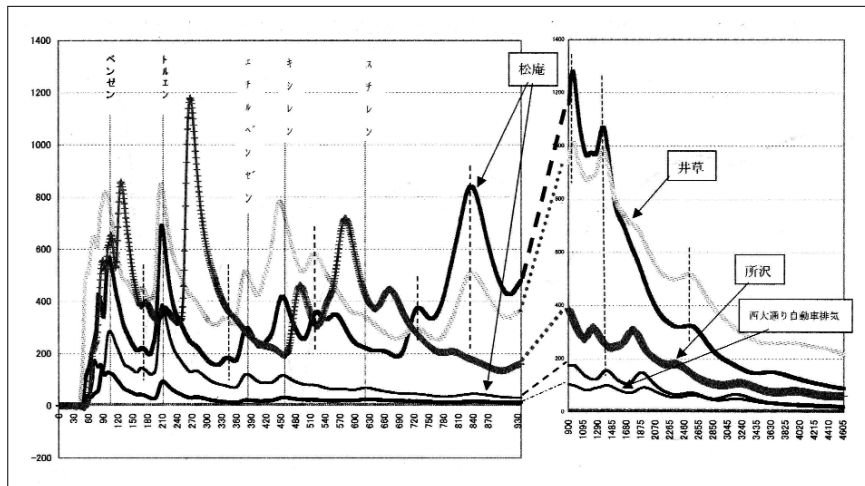


図3 地域（約1 km範囲）ごとに汚染化合物群は種類が違う特徴があった。井草から3.5km遠くの松庵に濃縮されて降下したことがある。

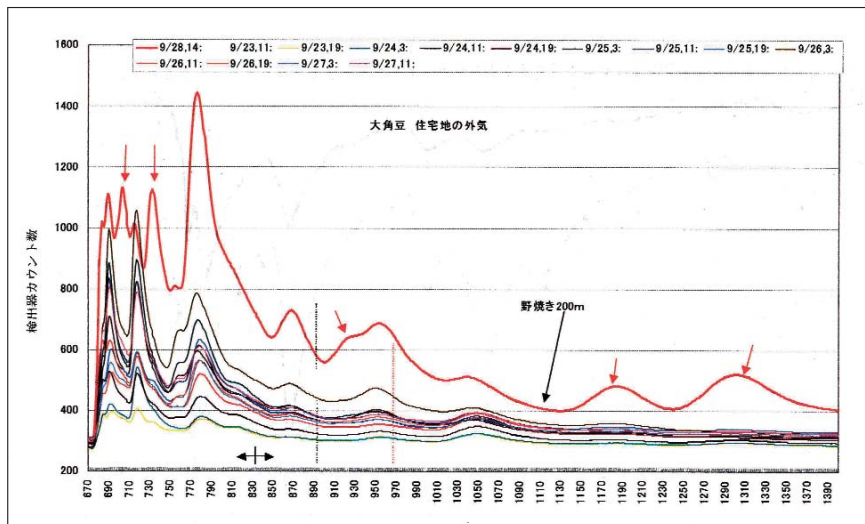


図4 わずかな野焼きが200m離れた住宅の2階の外気にも異常な物質群を運んだ。

風のない時には夜間に高濃度になることが多い。冷却により、上空で濃縮されて降下するものであろう。

図3のクロマトに例示したように、問題がない地域の幹線道路沿い（つくば市二宮2丁目）では、自動車排気ガス成分（トルエン、エチルベンゼン、キシレン、ベンゼン）のみが主であるが、他（埼玉県所沢市、東京都杉並区松庵、同井草、土浦市乙戸、つくば市観音台、同赤塚、同大角豆、東京都稲城市）ではそれぞれの地域ごとに異なる物質群であった。各物質の名称は今のところまだ調査していない。

図3中の松庵の例では、急激に3時間だけ1,400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ にも及ぶ高濃度となり、その時のクロマトを他地区と比較すると、汚染物質群が3.5 km離れた井草地域に常にある特徴的なものとはほぼ完全に一致し、井草地域で発生し滞留している汚染物質群が上空で濃縮され高濃

度になって降下したと推定される。井草にはプラスチックゴミ中継所があり、作業排気が120,000 m^3/h も放出されている。

汚染が日中に特に増加した場合には、住民が体調不良を自覚し、図4のように汚染源が近隣の建築や野焼きなどと認識できたことが多い。

外気汚染の挙動は複雑・多数な因子の影響が著しく、雨、雪、風も、汚染を浄化するものもあれば、著しい汚染をもたらすものもあった。図5にその一例を示した。TVOCは低くても体調不良を感じた時には、クロマト上に異常な物質が検出されていることも分かった。遠方からの影響も大きいと推測される。近隣の建築で住民の体調不良がある時にも、図6のように外気のTVOCが高かった。

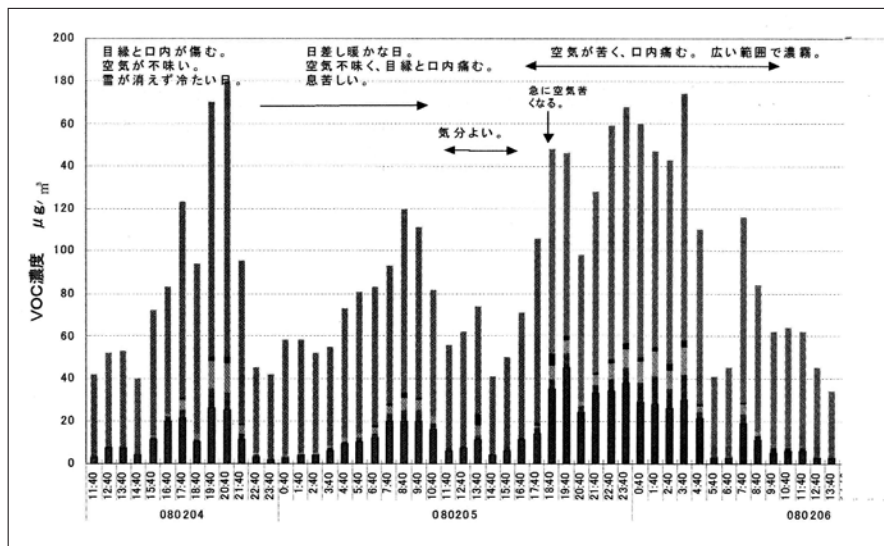


図5a
土浦市の住宅地で測定した雪の後の空気汚染。TVOC値はあまり高くないが不快で、クロマトに見られる物質群はいつもと違う。

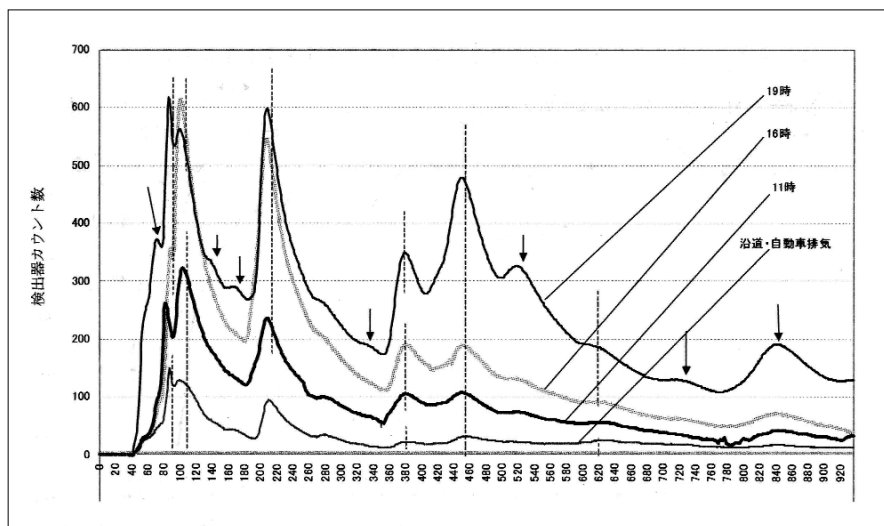


図5b
雪の翌日の大気中VOC群。少量ではあるが通常と違う化合物が矢印のように検出された。目や喉が痛んだ。

3.4 各汚染原因物質のクロマト

文具や日用品、パソコンなど電気器具からのそれぞれ特殊な物質群発生も記録した。図7には、プラスチックの攪拌によって単に揮発が増加するばかりではなく、新規の種類化合物さえも発生した様子を例示した。

4. 結論

4.1 測定方法の有用性

パソコンが使える普通の市民が、わずか数時間の研修のみで測定実験してこの研究のデータを得たものであり、従来のVOC分析機GC-MSのように特別に長期間の研修を受けた数少ない専門家に依存しなくても、

調査研究が広く行えるという有用性が確認できた。

この測定器はGC-MSほどに個々の物質種類を判定出来ないが、しかし単なるTVOC測定器とは違って汚染空気種類の特徴を物質群として把握することは容易であり、しかもGC-MSとは違って自動連続測定が出来、ランニングコストも安価なので、簡単に多数の測定を実施して時間変動や地点間比較などの全体像を把握しやすいので、発生原因や汚染伝播を調べるのに有利である。

わずか1年の本研究の結果でも、従来的高级・精密な分析では知られていなかった外気汚染の恐るべき実態を把握することが出来た。なお、測定実験とそのデータ整理を各自の手で実行することによって、健康影響という観点では環境VOCとは何か、専門家による

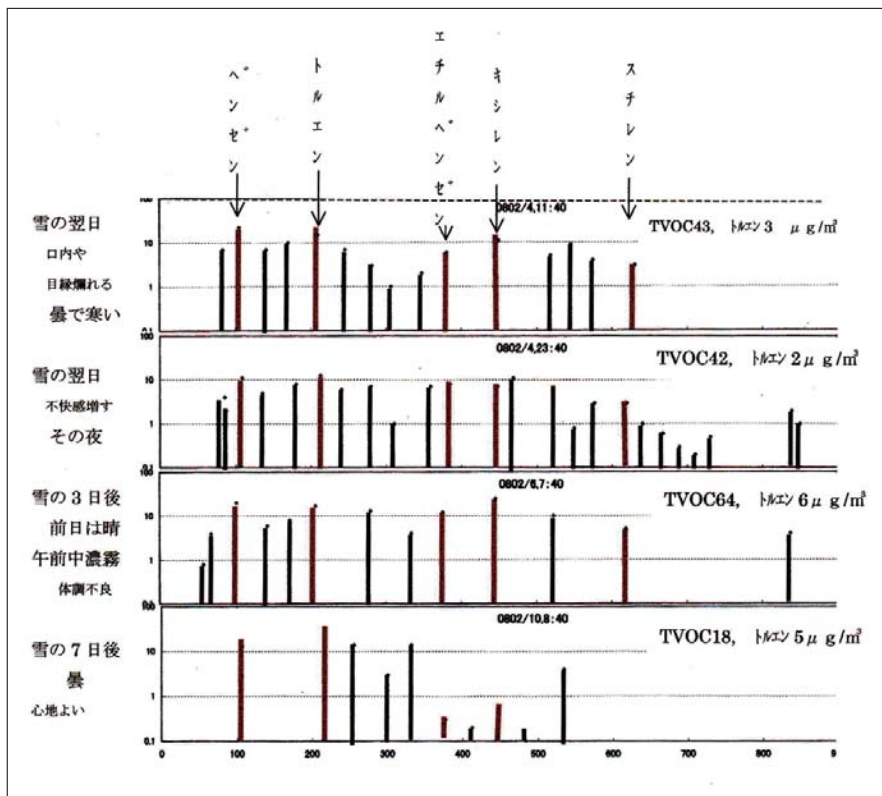


図5c
ある雪の後の大気汚染VOC群のスペクトル。変化しながら減っていった（別の雪では不快感がなかった）。

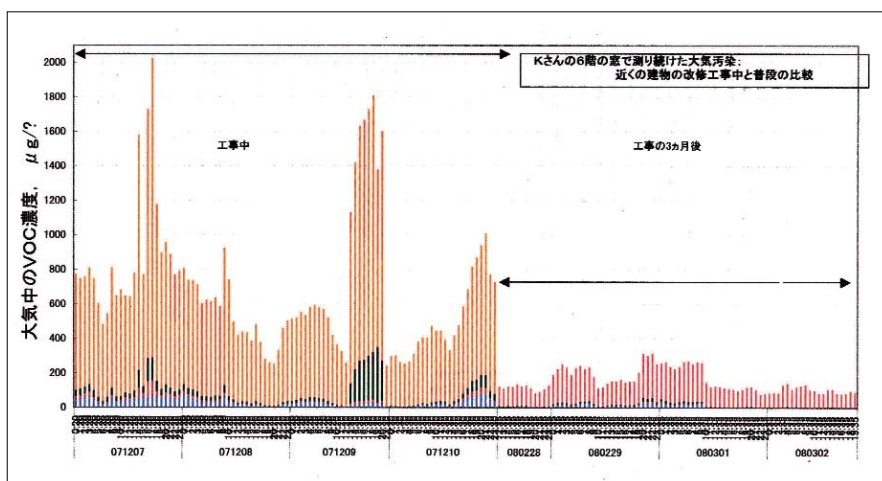


図6
近くの建物の改修工事で外気のTVOCが普段の10倍、室内ガイドラインの5倍もの高濃度になり、子供たちの異常な目やに、数人の子供たちの喉の腫れと発熱、乳児のとても酷いアトピー発症などがあった。

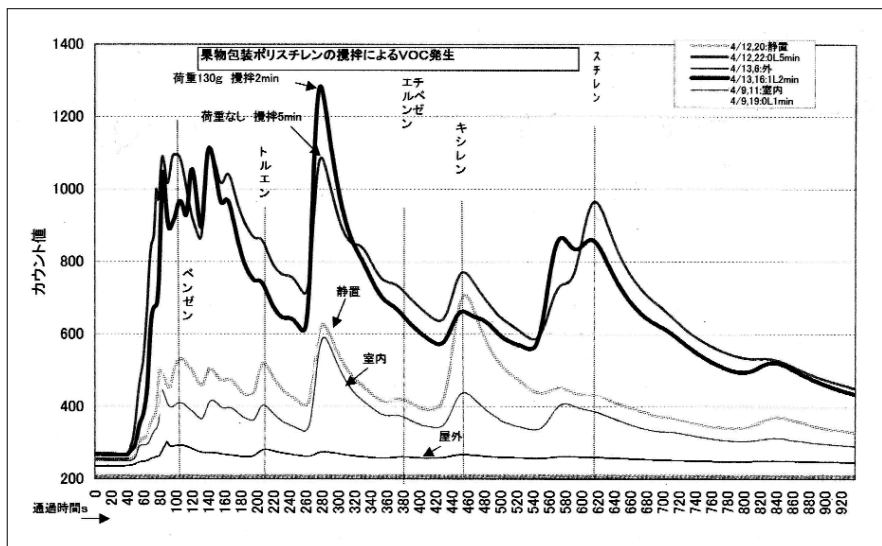


図7
無害なプラスチック包装材料も機械作用によって異質なVOC放出をする。

分析結果をどう読むべきか、など基本的に考える能力を広められる利点が大きいと思われた。

4.2 VOC 汚染の重大さ

1～3km程度の地域一帯から検出される物質群は、地域ごとに特徴があったので、主たるVOC汚染は大陸から飛来するのではなく国内で発生しているとわかった。クロマトグラフにより、自動車排気ガスでも煙草でもダイオキシンでもない未定VOCが外気、室内および日用品に想像以上に多いことが見出され、また外気のTVOCが先進国の平均値ガイドラインや日本の室内ガイドラインを大幅に上回る場合すらあり、住民が強い体調不良を感じることも関連づけられるので、地球規模およびシックハウス問題とは別個に、外気と生活環境のVOC問題を新しい観点から全面的に至急検討すべきことが示された。

5. 今後の展望、今後の課題

存在する物質群全体と各地域での発生と伝播について、簡単に実施できる程度の分析によってでも、規制された特定物質の精密な濃度測定よりも先に、広く調べるのが急務と思われた。本研究に用いたのと同様コンセプトの測定器の発展も期待できる。今後は検出化合物または物質群の名称を特定可能とする実験データの集積も期待したい。

【対外的な発表実績】

1. 化学物質による大気汚染を考える会「新しく始まった揮発性有機化合物汚染の実態」2007年9月、出版 創英社。
2. 化学物質による大気汚染を考える会主催「誰も知らなかったVOC汚染の実態」セミナー、Zビル、2008年1月27日。
3. 化学物質による大気汚染を考える会「大気中揮発性有機化合物の測定調査」茨城コーポ研究交流会、口頭とパネル発表、2008年3月27日。