

〈教育報告〉

平成 21 年度専門課程Ⅱ
生活衛生環境分野

居住環境におけるガス状有害物質の挙動

山田智美

Behavior of Gaseous Air Pollutants in Indoor Air

Tomomi YAMADA

Abstract

There are many gaseous air pollutants found in indoor air and, in addition, these pollutants are containing hazardous and odorous substances. Therefore, it is very important to precisely measure the concentration of these compounds in order to evaluate the risk to human health and aim to reduce concentrations. A diffusive sampling device is suitable for measurement of indoor air, as these are small, light and can be used without a power supply for the pump. In this study, representative gaseous air pollutants in indoor and outdoor air were measured using some diffusive sampling devices. Moreover, a novel diffusive sampling device was developed DSD-NH₃ for the measurement of basic gases such as ammonia and trimethylamine, which are controlled by offensive odor control law.

As a result, it was elucidated that the indoor concentrations of aldehydes, nitrogen dioxide and ammonia were higher than outdoor concentrations. By contrast, indoor concentrations of ozone were lower than outdoor concentrations. The indoor concentrations of nitrogen dioxide in 26 houses (43%) exceeded the maximum limit stated by environmental law (60 ppb). It was suggested that the main emission sources of nitrogen dioxide are kerosene and gas stoves. Ammonia in indoor air may be emitted from pets, as high concentrations were observed in house keeping pets. In addition, it was suggested that carbonyl compounds are formed by interactions between volatile organic compounds (VOCs) and ozone from outdoor air. Formic acid may be formed by the oxidation of formaldehyde with ozone, because a positive correlation between formaldehyde and formic acid, and an inverse correlation between formaldehyde and ozone were observed in indoor air.

Keywords: indoor air pollution, diffusive sampling devise, ammonia, ozone, secondary formation

Thesis Advisors: Shigehisa UCHIYAMA, Yohei INABA

I . はじめに

近年、環境・社会の変化に伴い、室内に化学物質が残留しやすくなり、人への影響が懸念されている。これらの物質の中には、人の健康に悪影響を及ぼす物の他に、居住者を不快にする悪臭物質も含まれている。人は1日のうちの約8割を屋内で過ごすことから、快適に生活するには、居住環境の悪臭対策も必要である。また、現在、老人ホームや介護施設等で悪臭問題が発生し社会問題となっている。そのため、悪臭物質を含むガス状有害物質を簡便に、かつ、正確に測定することは必要であり、人体への健康影響や発がんリスク、快適性等を評価する上で極めて重要である。

そこで、本研究では、簡便な方法が確立されていない悪臭物質である塩基性ガス（アンモニア、トリメチルアミン）について、拡散サンプラー（DSD-NH₃）の開発を行った。

更に、カルボニル化合物（DSD-DNPH）、オゾン（DSD-OZONE）、酸性ガス（DSD-TEA）、塩基性ガス（DSD-NH₃）測定用拡散サンプラーを用いて、代表的な有害物質であるオゾン、アルデヒド類、酸性ガス、塩基性ガスを、室内・室外で同時測定することにより、それらの実態・挙動を把握した。また、住宅の種類や家庭用品の使用状況などのアンケート調査を実施し、室内空気中の化学物質の濃度に関連すると考えられる要因を考察した。この他、二次生成物の生成機構の推定や化学物質の発生源の検討も行った。

II . 実験

1. 塩基性ガス測定用拡散サンプラーの作製

シリカゲル100 gを純水でよく洗浄した後、リン酸を5 mL添加する。ロータリーエバポレーターを用いて50 °Cで減圧

指導教官：内山茂久、稲葉洋平（生活環境部）

乾固させてから、密封容器に保存した。このリン酸含浸シリカゲル 250 mg を DSD-sampler に充填し、拡散サンプラー DSD-NH₃ とした。

2. ガス状有害物質の居住環境濃度

捕集：60 人のボランティアを募り、DSD-DNPH, DSD-OZONE, DSD-TEA, DSD-NH₃ を屋内、屋外に 24 時間設置した。同時に、測定時の状況を把握するために、アンケートの記入をお願いした。

分析：DSD-DNPH は、80 °C で 5 時間加熱してから、アセトニトリルで溶出し、HPLC で分析した。DSD-OZONE は、MBTH で誘導体化し、比色分析を行った。DSD-TEA と DSD-NH₃ は、純水で溶出してから、イオンクロマトグラフィーで各種のイオンを分析した。

Ⅲ. 結果と考察

1. 塩基性ガス測定用拡散サンプラー

リン酸の含浸量が 0.1~10% w/w のシリカを充填した DSD-NH₃ を作製し、屋内及び屋外でアンモニアを測定した。その結果、リン酸濃度が 2% より高くなると、測定値がほぼ一定になる傾向が認められた (Fig. 1)。そこで、アンモニアの捕集量が最も高い 5.0% を選択した。また、リン酸添加量が 5.0% の DSD-NH₃ を用いて拡散サンプリング及びアクティブサンプリングを行い、両者を比較したところ、非常に良い相関関係が得られた (Fig. 2)。

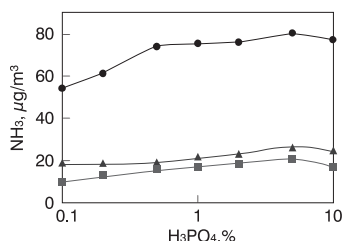


Fig. 1. Changes in collected amounts with concentrations of phosphoric acid.

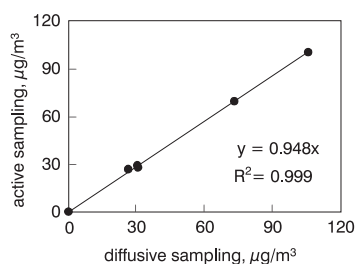


Fig. 2. Relationship between diffusive sampling and active sampling.

2. 居住環境濃度

今回調査した、60 サンプルの屋内及び屋外のホルムアルデヒド、オゾン、二酸化窒素、アンモニアの濃度分布を Fig. 3 に示す。アルデヒド類、二酸化窒素、アンモニアは屋内濃度が高く、オゾンは屋外濃度が高い傾向が認められた。ホルムアルデヒドの屋内の平均値は 12 µg/m³、最大値

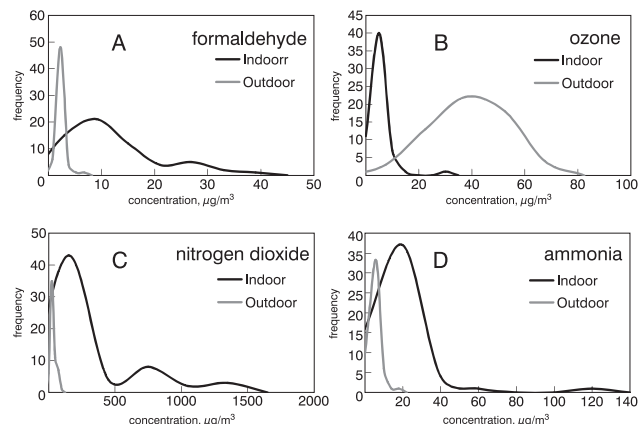


Fig. 3. Concentration distributions of representative compounds measured by DSD-DNPH (A), DSD-OZONE (B), DSD-TEA (C) and DSD-NH₃ (D) methods.

は 38 µg/m³ であり、厚生労働省指針値 100 µg/m³ を超えた住宅は無かった。オゾンの屋内の平均値は 5.2 µg/m³、最大値は 31 µg/m³、屋外の平均値は 39 µg/m³、最大値は 70 µg/m³ で屋内の方が極めて濃度が低かった。オゾンは反応性が高いために、換気等により流入したオゾンが、屋内の化学物質と反応しているため減少していることが推測される。二酸化窒素の屋内の平均値は 280 µg/m³、最大値は 1400 µg/m³ であった。二酸化窒素については、環境基準値及び学校保健法において、113 µg/m³ という基準値が設けられているが、全体の約 43% (26 戸) の住宅で基準値を上回る汚染が明らかにされた。石油、ガスストーブの使用による濃度の上昇が認められたことから、屋内の汚染源は主に石油、ガスストーブであることが示唆された。アンモニアの屋内の平均値は 31 µg/m³、最大値は 770 µg/m³ を示した。ほとんどの住宅 (97%) で、屋内濃度が屋外より高かった。また、ペットを飼育している住宅で高濃度になる傾向が認められた。予備実験として夏季にも同様な調査 (アンモニアを除く) を行ったが、二酸化窒素を除いた全ての化学物質濃度は冬季の方が低かった。化学物質間の相関関係を求めると、屋内及び屋外でホルムアルデヒドとギ酸の間に正の相関が、ホルムアルデヒドとオゾンの間に負の相関関係が認められた。このことから、ホルムアルデヒドがオゾンにより酸化され、ギ酸が生成することが推測される。また、屋外の二酸化窒素とオゾンの間に負の相関が認められた。屋外の二酸化窒素は、太陽光を受けて、酸素と反応しオゾンを生成するためと推測される。

Ⅳ. まとめ

本研究で開発した DSD-NH₃ や各種の拡散サンプラーを用いることで、居住環境における有害化学物質の実態、発生源、物質間の関係などを簡便に調査することが可能であった。また、本研究で開発した DSD-NH₃ を用いれば、より高濃度が予想される老人ホームや介護施設等で悪臭物質の測定及び評価が期待できる。