

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月10日現在

機関番号：82602

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510079

研究課題名（和文）：室内環境におけるオゾンおよび二次生成物質の化学的挙動と人体への影響評価

研究課題名（英文）：Characterization of ozone and secondary compounds in indoor air.

研究代表者

内山 茂久 (UCHIYAMA SHIGEHISA)

国立保健医療科学院 生活環境研究部 上席主任研究官

研究者番号：40524236

研究成果の概要（和文）：二次生成関与物質であるオゾンとアルデヒド類の同時測定用の拡散サンプラーの開発を行い、室内空気中の化学物質の同定、定量を行った。屋内のオゾン濃度は、冬季 $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 、夏季 $9.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ を示し、夏季の方が約7倍高い値になったが、屋外のオゾン濃度は季節的な差が認められなかった。外気から流入したオゾンは比較的速い速度で分解することが明らかになった。一方、オゾン、アルデヒド類、カルボン酸の間には明確な相関関係は観測されず、屋内における二次生成は確認できなかった。

研究成果の概要（英文）：A new diffusive sampling method for the simultaneous determination of ozone and carbonyls in air has been developed and characterization of chemical compounds in indoor air was investigated. Ozone concentration in indoor air of were $1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in summer and $9.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ in winter, however, there was no seasonal change in outdoor air. Rapid decomposition of ozone was observed in indoor environment. Good correlations among ozone, aldehydes and carboxylic acids were not observed and secondary formation was not confirmed in this study.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1500000	450000	1950000
2011年度	1000000	300000	1300000
2012年度	900000	270000	1170000
総計	3400000	1020000	4420000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・放射線・化学物質影響評価

キーワード：微量化学物質汚染評価、オゾン、二次生成

1. 研究開始当初の背景

屋外環境大気で植物が生産し放出する揮発性炭化水素（Biogenic Volatile Organic Carbon, BVOC）の主成分はイソプレンとモノテルペン（テルペン類）であるが、これらの濃度は人間活動由来のベンゼンやトルエンなどの揮発性炭化水素の年間排出量より高いことが報告されている。一方、室内環境でも最も濃度が高い化学物質はテルペン類である。すなわち、木材から発生する α -ピネン、香料や洗剤として利用されているリモネ

ンなどが高濃度で存在する。これらのテルペン類は人に対して脈拍数の低下及び脳活動の鎮静化などの作用が報告されているが、オゾンやヒドロキシラジカルとの反応性生物の有害性に関してはあまり知られていない。

一方、空気中のオゾンは強力な酸化性物質であり、粘膜を刺激したり、呼吸器系に障害を与えるだけでなく、葉の表面を漂白するなど農作物にも影響を与えることが知られている。対流圏オゾンは主に二酸化窒素（ NO_2 ）の光化学反応によって生成される。 NO_2 が太

陽紫外線を受けて光解離し、一酸化窒素 (NO) になる際に放出される酸素原子 O と酸素分子 O₂ との反応によって生成される機構であるが、東アジアにおける自動車台数が伸びて、窒素酸化物の排出量が急速に増加していることなどを考えると、対流圏オゾンの濃度は今後、ますます高くなると予想される。室内空気中のオゾンはこれらの屋外大気の流れのほか、光触媒を利用した空気清浄機、脱臭器やコピー機、レーザープリンターなどから発生することが推測される。しかし、現在までに室内空気中のオゾン濃度の測定はあまり行われておらず、測定報告も非常に少ない。

2. 研究の目的

本研究では、まず、拡散サンプラーを用いて住宅内のオゾン、アルデヒド・ケトン類、カルボン酸を測定して、汚染の実態を把握する。特にアルデヒド・ケトン類は最先端の技術を用いて、今まで知られていないヒドロキシアルデヒド等の新規化学物質の同定を目指す。次に、実験でオゾンとテルペン類を反応させ、二次生成物質を分析し、実際に室内で観測された物質と比較する。この他、空気清浄機、脱臭器、コピー機、レーザープリンターなどのオゾンを発生すると思われる家庭用品から発生するオゾン、アルデヒド・ケトン類、カルボン酸についても検討を行う。室内空気中のオゾン、ヒドロキシアルデヒド、カルボン酸の測定例は非常に少ない。特にオゾンとヒドロキシアルデヒドは分解しやすく分析が困難であった。申請者らが開発してきた BPE-DNPH 誘導体化法はこれらの不安定な物質を安定な誘導体に変換して分析する方法である。これらの分析方法を駆使して、二次生成物質の同定、生成機構を追及する。

3. 研究の方法

3.1 オゾンとカルボニル化合物同時測定用の拡散サンプラーの開発

オゾンとカルボニル化合物同時測定の概略を Fig. 1 に示す。空気中のアルデヒド類は DNPH と反応してヒドラゾン誘導体を生成する。

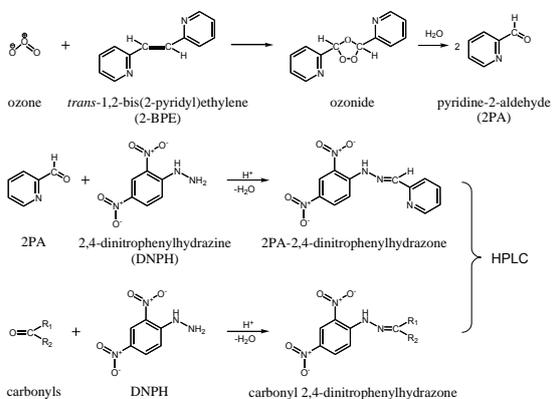


Fig. 1. Scheme for the simultaneous determination of ozone and carbonyls.

また、オゾンは BPE と反応してピリジン-2-アルデヒド (2PA) を生成する。この 2PA を DNPH でヒドラゾン誘導体にして、他のアルデヒド誘導体と共に高速液体クロマトグラフ (HPLC) で分析することにより、オゾンとカルボニル化合物の同時測定が可能になる。また、DNPH 及びアルデヒドのヒドラゾン誘導体はオゾンで破壊されることが報告されているが、DNPH と共存する BPE はオゾンスクラバーとしても機能し、破壊を防ぐことができる。

3.2 DSD-BPE/DNPH の作製と分析方法

純水、アセトニトリルで十分に洗浄したシリカ (60/80 mesh, 120 Å) 100 g に BPE (7 g)、DNPH 塩酸塩 (1 g)、リン酸 (1.2 mL) を、ロータリーエバポレーターを用いて含浸させる。この試薬含浸シリカ 270 mg を空の拡散サンプラー (DSD) に充填し DSD-BPE/DNPH とした。Fig. 2 に DSD-BPE/DNPH の構造を示す。

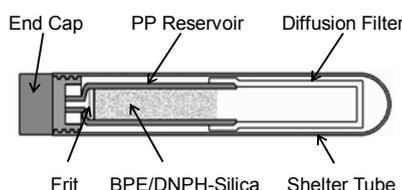


Fig. 2. Schematic representation of the DSD-BPE/DNPH sampler.

4. 研究成果

4.1 DSD-BPE/DNPH の捕集剤量の検討

BPE の含浸量が 0~20% の DSD-BPE/DNPH を作製し、オゾン濃度 72 µg/m³、ホルムアルデヒド濃度 8.3 µg/m³、気温 25 °C、湿度 60% に設定した人工気候室に 24 時間暴露した後、2PA、ホルムアルデヒド (FA)、アセトアルデヒド (AA) の DNPhydrazone を分析した。BPE 含浸量による 2PA-DNPhydrazone 生成量の変化を Fig. 3 に示す。BPE 含浸量に対応して 2PA-DNPhydrazone 生成量は増加するが、5~10% のとき最大の

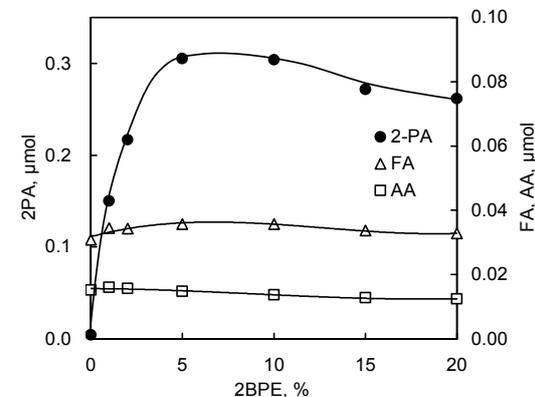


Fig. 3. Change in the amount of 2PA with the phosphoric acid content of 2BPE/DNPH-silica.

値を示した。この結果から、BPE の含浸量を 7%に決定した。

次に、酸触媒であるリン酸の添加量を検討した。リン酸の添加量が 0~1%の DSD-BPE/DNPH を作製し、前述の人工気候室に 24 時間暴露した。なお、BPE と DNPH 含浸量は、それぞれ 7%、0.5%である。リン酸の添加量に応じて 2PA 生成量は変化したが、0.1%添加したとき最大の値を示した。しかし、リン酸を 0.1%以上添加すると白い沈殿を生じた。BPE は塩基なのでリン酸塩を生成したことが考えられる。これらの結果からリン酸の添加量を 0.1%とした。

4.2 オゾンとカルボニル化合物の同時測定

オゾン濃度 72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、ホルムアルデヒド濃度 8.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 、気温 25 $^{\circ}\text{C}$ 、湿度 60%に設定した人工気候室に 7 個の DSD-BPE/DNPH、DSD-DNPH を同時に設置し、24 時間毎にサンプラーを回収し分析を行った。この時、同時に BPE/DNPH-cartridge を用いて、100 ml/min の流速で 24 時間毎にアクティブサンプリングを行った。ホルムアルデヒド捕集量は、DSD-BPE/DNPH の場合、5 日までは捕集時間に比例し直線的に増加するが、6 日以降は増加が鈍化した。BPE を含まない DSD-DNPH の場合、1 日の捕集時間では DSD-BPE/DNPH の捕集量と一致したが、2 日以降は捕集量の増加が著しく鈍化し、BPE/DNPH と比較して 5 日で 64%、7 日で 51%の値を示した。これは、空気中のオゾンが DSD-DNPH のヒドラゾン誘導体や DNPH を破壊したため、捕集量の増加が鈍化したことが考えられる。DSD-BPE/DNPH は含有する BPE がオゾンスクラバーとして機能するので、ヒドラゾン誘導体の分解が抑制されたことが推測される。

1 日毎に行われた ACT-BPE/DNPH は、100 mL/min の捕集速度で行われたため、回帰直線の傾きの比に 100 を乗じた値 (0.0280 / 0.0389 \times 100 = 72.0 mL/min) が DSD-BPE/DNPH の捕集速度に相当する。

DSD-BPE/DNPH の捕集速度は Graham の法則から算出することもできる。Graham の法則により、気体の拡散係数(D_{gr})は分子の密度、すなわち分子量の平方根に反比例する。

$$D_{gr} \propto \frac{1}{\sqrt{Z}} \propto \frac{1}{\sqrt{M}} \quad (1)$$

従って、ホルムアルデヒドの拡散係数 (D_d) が分かれば、様々なカルボニル化合物の拡散係数は(2)式から計算することが可能である。ここで、 M_f はホルムアルデヒドの分子量、 M_d は目的成分の分子量である。

$$D_{gr} = D_f \sqrt{\frac{M_f}{M_d}} \quad (2)$$

カルボニル化合物の捕集速度は(3)式から求めることができる。

$$R = \frac{D_d}{D_f} R_f \quad (3)$$

R は目的カルボニル化合物の捕集速度、 D_d は目的カルボニル化合物の拡散係数である。また、 R_f は、DSD-BPE/DNPH と同じ構造を持つ拡散サンプラー (DSD-DNPH) で測定したホルムアルデヒドの捕集速度の実験値 (71.9 mL/min) である。従って、(3)式から DSD-BPE/DNPH で捕集した各物質の捕集速度を算出することができる。Fig. 6 の点線は、Graham の法則による(3)式から求めた直線を示している。オゾンの場合、(3)式で求めた捕集速度の理論値は 56.9 mL/min であり、実験値は 44.6 mL/min であった。しかし、実験値はオゾンと BPE の反応係数 0.84⁹⁾を考慮していない。この反応係数を適用すると、オゾンの捕集速度は 53.1 mL/min になり、理論値に近い値となる。実験値が理論値よりやや低いのは、オゾンが拡散フィルターを通過するときに、多少分解するためだと思われるが、回帰直線の相関係数が非常に高い (0.999) ことから、オゾンの捕集速度を 53.1 mL/min と決定した。

ホルムアルデヒドの場合、72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ のオゾン濃度下で、5 日間は直線関係が得られた。Fig. 6 の拡散サンプリングとアクティブサンプリングの回帰直線の傾きは、それぞれ 0.0280、0.0389 $\mu\text{mol}/\text{d}$ であったので、捕集速度の実験値 R_f は、

$$R_f = \frac{0.0280}{0.0389} \times 100 = 72.0 \text{ mL/min}$$

となる。DSD-DNPH の捕集速度 (71.9 mL/min) と非常に良く一致した。DSD-DNPH では、オゾン濃度の高い環境大気中において、24 時間の捕集が限界であった。しかし、DSD-BPE/DNPH は BPE がオゾンスクラバーとして働くので、より長期間の捕集が可能になった。

アセトアルデヒドの場合、72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ のオゾン濃度下で、2 日間は直線関係が得られた。拡散サンプリングとアクティブサンプリングの回帰直線の傾きは、それぞれ 0.02950、0.0175 $\mu\text{mol}/\text{d}$ であったので、捕集速度の実験値 R_a は、

$$R_a = \frac{0.0175}{0.0295} \times 100 = 59.3 \text{ mL/min}$$

となる。DSD-DNPH の捕集速度 (59.4 mL/min) ¹⁰⁾ と非常に良く一致した。

4.3 屋内、屋外濃度の測定

DSD-BPE/DNPH を屋内、屋外に 24 時間設

置して、分析を行った。HPLCの分離カラムにAscentis Express C18 (15 cm × 4.6 mm id, 2.7 μm), 移動相に5 mMの酢酸アンモニウムを含む55%アセトニトリル水溶液を使用し、流速0.6 mL/min, 注入量 10 μLで分析したときのクロマトグラムをFig. 4に示す。各ピークは完全に分離され、屋外では2PA (オゾン) の大きなピークが検出された。

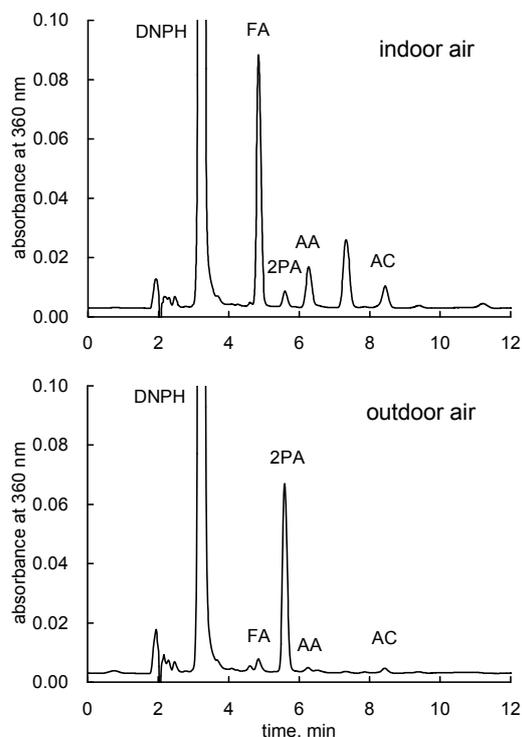


Fig. 4. Comparative carbonyl 2,4-DNPhydrazone profiles of indoor air (upper chromatogram) and outdoor air (lower chromatogram).

4.4 DSD-BPE/DNPH を用いたオゾン、アルデヒド類の全国調査

本研究のために作製したDSD-BPE/DNPHを用いて屋内、屋外空気中の化学物質を同定、定量した。調査は、2012年と2013年の1月下旬から3月上旬の冬季、及び、2012年7月上旬から9月下旬の夏季に分けて行い、測定時にアンケートを実施し、化学物質濃度との関連を考察した。

夏季の室内におけるホルムアルデヒド濃度の平均値は31 μg/m³を示し、冬季 (15 μg/m³) の約2倍の値を示した。反対に、夏季の室内におけるアセトアルデヒド濃度の平均値は17 μg/m³を示したが、冬季は29 μg/m³であり、冬季の方が1.7倍高い値となった。ホルムアルデヒドは、建材や施工剤として使用されていることから、気温の高い夏季に放散量が増加したことが推測されるが、アセトアルデヒドに関しては別の発生源の寄与が大きいことが示唆される。カルボニル化合物の中で、厚生労働省が指針値を策定している物質は、ホル

ムアルデヒド (100 μg/m³), アセトアルデヒド (48 μg/m³), ノナナール (暫定値, 41 μg/m³) である。ホルムアルデヒドの場合、冬季は指針値を超過した住宅は無かったが、夏季は0.7%の住宅で超過した。冬季夏季を通して、最大濃度は210 μg/m³である。アセトアルデヒドの場合は、冬季は14%, 夏季は4.4%の住宅で指針値を超過した。冬季の方が超過率が高く、最大濃度は230 μg/m³であった。

オゾンの濃度は圧倒的に屋外濃度が高く、ほぼ正規分布を示した。夏季の屋内オゾン濃度は、冬季に比べ高濃度側に偏ったことから、換気により外気のオゾンが屋内に流入したことが推測される。ホルムアルデヒド濃度は屋内の方が高いが、対照的に、オゾンの発生源は屋内に殆ど無く、圧倒的に屋外濃度の方が高い。屋内濃度の方が屋内濃度より低い物質はオゾンのみである。Fig. 6にオゾン濃度の屋内/屋外比 (I/O) とホルムアルデヒドの屋内発生濃度 (屋内濃度と屋外濃度の差) の関係を示す。Fig. 5の上図は全データによる散布図であり、下図はホルムアルデヒド濃度を、オゾンのI/O比を0.2毎に平均化した図である。オゾンのI/O比が大きくなるに従い、ホルムアルデヒド濃度が急激に減少している。このことから、オゾンのI/O比は、換気の指標になることが示唆される。

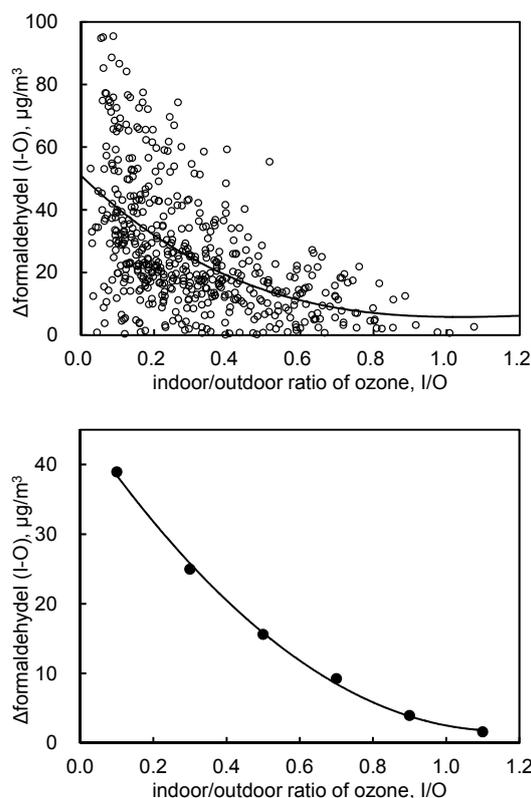


Fig. 5. Scatter plots of the formaldehyde concentrations in indoor air vs. the indoor/outdoor ratios of ozone. upper panel shows the raw data. Lower panel shows the mean value in the interval of 0.2 I/O ratio)

4. 研究成果

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計9件)

1) **Uchivama, S.**; Sakamoto, H.; Ohno, A.; Inaba, Y.; Nakagome, H.; Kunugita, N. Reductive amination of glutaraldehyde 2,4-dinitrophenylhydrazone using 2-picoline borane and high-performance liquid chromatographic analysis. *Analyst* 2012, 137, 4274-4279. 10.1039/C2AN35230C (査読有)

2) **Uchivama, S.**; Inaba, Y.; Kunugita, N. Ozone removal in the collection of carbonyl compounds in air. *Journal of Chromatography A* 2012, 1229, 293-297. 10.1016/j.chroma.2012.01.062 (査読有)

3) **Uchivama, S.**; Inaba, Y.; Kunugita, N. Derivatization of carbonyl compounds with 2,4-dinitrophenylhydrazine and their subsequent determination by high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography B* 2011, 879, 1282-1289. 10.1016/j.jchromb.2010.09.028 (査読有)

4) **Uchivama, S.**; Inaba, Y.; Kunugita, N. A diffusive sampling device for simultaneous determination of ozone and carbonyls. *Analytica Chimica Acta* 2011, 691, 119-124. 10.1016/j.aca.2011.02.048 (査読有)

5) **Uchivama, S.**; Inaba, Y.; Kunugita, N. Determination of acrolein and other carbonyls in cigarette smoke using coupled silica cartridges impregnated with hydroquinone and 2,4-dinitrophenylhydrazine. *Journal of Chromatography A* 2010, 1217(26), 4383-4388. 10.1016/j.chroma.2010.04.056 (査読有)

6) Matsumoto, M; Inaba, Y; Yamaguchi, I; Endo, O; Hammond, D; **Uchivama, S.**; Suzuki, G. Smoking topography and biomarkers of exposure among Japanese smokers: associations with cigarette emissions obtained using machine smoking protocols. *Environmental health and preventive medicine* 2013, 18, 95-103. 10.1007/s12199-012-0293-7 (査読有)

7) Yamada, T.; **Uchivama, S.**; Inaba, Y.; Kunugita, N.; Nakagome, N.; Seto, H. A diffusive sampling device for measurement of ammonia in air. *Atmospheric Environment* 2012, 54, 629-633. 10.1016/j.atmosenv.2012.02.001 (査読有)

8) 山田智美; **内山茂久**; 稲葉洋平; 瀬戸博; 樺田尚樹 空气中化学物質測定用拡散サンプラーの安定性評価および実試料測定への応用 *分析化学* 2013 in press. (査読有)

9) 山田智美; 太田真由; **内山茂久**; 稲葉洋平; 後藤純雄; 樺田尚樹 冬季における居住環境のガス状汚染物質濃度 *産業医科大学雑誌* 2010, 32(3), 245-255. (査読有)

〔学会発表〕(計30件)

1) Desorcie, J.; Sidisky, L. **Uchivama, S.** Simultaneous determination of airborne ozone and carbonyls using a two-bed sampling cartridge containing trans-1,2-bis(2-pyridyl)ethylene and 2,4-dinitrophenylhydrazine. 2010 Eastern Analytical Symposium and Exposition, November 15 - 18, 2010, Somerset, NJ, USA

2) Sidisky, L; Desorcie, J; **Uchivama, S.** Simultaneous determination of airborne ozone and carbonyls using a two-bed sampling cartridge containing trans-1,2-bis(2-pyridyl)ethylene and 2,4-dinitrophenyl- hydrazine. Pittsburgh Conference on Analytical Chemistry and Applied Spectroscopy 2010, February 28 – March 5, 2010, Orlando, USA.

3) 所翌萌, **内山茂久**, 稲葉洋平, 中込秀樹, 樺田尚樹 拡散サンプラーを用いた室内空气中に存在する化学物質の調査 – 無機ガス状物質 – 第71回日本公衆衛生学会, 2012年10月, 山口市, 第71回日本公衆衛生学会総会抄録集, p. 574.

4) 菱木麻祐, **内山茂久**, 稲葉洋平, 後藤純雄, 樺田尚樹 拡散サンプラーを用いた室内空气中に存在する化学物質の調査 – アルデヒド類, オゾン – 第71回日本公衆衛生学会, 2012年10月, 山口市, 第71回日本公衆衛生学会総会抄録集, p. 574.

5) 富澤卓弥, **内山茂久**, 稲葉洋平, 太田敏博, 樺田尚樹 拡散サンプラーを用いた室内空气中に存在する化学物質の調査 – 揮発性有機化合物 – 第71回日本公衆衛生学会, 2012年10月, 山口市, 第71回日本公衆衛生学会総会抄録集, p. 575.

6) 坂元宏成; 木原顕子; 都竹豊茂; **内山茂久** 拡散サンプラーを用いた室内環境中の化学物質実態調査, 第53回大気環境学会, 2012年9月, 神奈川大学, 第53回大気環境学会年会講演要旨集, p.232

7) 所翌萌; **内山茂久**; 稲葉洋平; 中込秀樹; 樺田尚樹 室内空气中に存在する化学物質の拡散サンプラーを用いた測定 – 無機ガス状物質 – 第53回大気環境学会, 2012年9月, 神奈川大学, 第53回大気環境学会年会講演要旨集, p.233

8) 富澤卓弥; **内山茂久**; 稲葉洋平; 太田敏博; 樺田尚樹 室内空气中に存在する化学物質の拡散サンプラーを用いた測定 – 揮発性有機化合物 –, 第53回大気環境学会, 2012年9月, 神奈川大学, 第53回大気環境学会年会講演要旨集, p.234

9) 菱木麻祐; **内山茂久**; 稲葉洋平; 後藤純雄; 樺田尚樹 室内空气中に存在する化学物質の拡散サンプラーを用いた測定, –カルボニル化合物およびオゾン–, 2012年9月, 神奈川大学, 第53回大気環境学会年会講演要旨集, p.235

10) 太田和司; **内山茂久**; 稲葉洋平; 中込秀樹; 樺田尚樹 2-ピコリンボランを用いた還元的アミノ化によるジアルデヒド類の分析, 第53回大気環境学会, 2012年9月, 神奈川大学, 第53回大気環境学会年会講演要旨集, p.236

11) 所翌萌; **内山茂久**; 稲葉洋平; 足立真理子; 中込秀樹; 樺田尚樹 木材表面から放散するアルデヒド類の測定と低減化, 第21回環境化学討論会, 2012年7月, 愛媛県県民文化会館, 第21回環境化学討論会講演要旨集, p. 715-716.

12) 富澤卓弥; **内山茂久**; 稲葉洋平; 太田敏博; 樺田尚樹 活性炭に捕集した空气中揮発性有機化合物のヘッドスペース/ガスクロマトグラフ法による分析, 第21回環境化学討論会, 2012年7月, 愛媛県県民文化会館, 第21回環境化学討論会講演要旨集, p. 707-708.

13) 菱木麻祐; **内山茂久**; 稲葉洋平; 後藤純雄; 樺田尚樹 空气中カルボニル化合物の捕集時における各種オゾンスクラバーの検討, 第21回環境化学討論会, 2012年7月, 愛媛県県民文化会館, 第21

回環境化学討論会講演要旨集, p. 713-714

14) **内山茂久**; 稲葉洋平; 樺田尚樹 ピリジン-2-アルデヒド及び trans-1,2-ビス(2-ピリジル)エチレンを用いた大気中ヒドラジン類の分析, 第21回環境化学討論会, 2012年7月, 愛媛県県民文化会館, 第21回環境化学討論会講演要旨集, p. 711-712.

15) **内山茂久**; 稲葉洋平; 樺田尚樹 ピリジン-2-アルデヒド及び trans-1,2-ビス(2-ピリジル)エチレンを含む2層シリカカートリッジを用いる大気中ヒドラジン類の分析 日本化学会第91春季年会 2012年3月, 慶応大学, 日本化学会第92春季年会講演要旨集 (CD-ROM)

16) 富澤卓弥; **内山茂久**; 稲葉洋平; 太田敏博; 樺田尚樹 ヘッドスペース/ガスクロマトグラフ法による空气中揮発性有機化合物の分析 日本化学会第91春季年会 2012年3月, 慶応大学, 日本化学会第92春季年会講演要旨集 (CD-ROM)

17) 所翌萌; **内山茂久**; 稲葉洋平; 足立真理子; 中込秀樹; 樺田尚樹 木材から放散するテルペン類の小型チャンパーを用いた分析 平成23年度室内環境学会学術大会, 2011年12月, 静岡

18) 山田智美; **内山茂久**; 稲葉洋平; 樺田尚樹; 中込秀樹; 瀬戸博 空气中のアンモニア測定用拡散サンプラー 平成23年度室内環境学会学術大会, 2011年12月, 静岡

19) **内山茂久**; 稲葉洋平; 樺田尚樹 ハイドロキノンと2,4-ジニトロフェニルヒドラジンを用いた大気中オゾンとアルデヒドの同時測定 日本分析化学会第60年会, 2011年9月, 名古屋大学, 日本分析化学会第60年会講演要旨集 P. 310.

20) **内山茂久**; 坂元宏成; 稲葉洋平; 中込秀樹; 樺田尚樹 2-ピコリンボランを用いたグルタルアルデヒド 2,4-ジニトロフェニルヒドラジンの還元的アミノ化および高速液体クロマトグラフ分析 第20回環境化学討論会, 2011年7月, 熊本県立大学, 第20回環境化学討論会講演要旨集, P. 751-752.

21) 坂元宏成, **内山茂久**, 稲葉洋平, 中込秀樹, 樺田尚樹. グルタルアルデヒド 2,4-ジニトロフェニルヒドラジンの還元的アミノ化による高速液体クロマトグラフ分析 日本化学会第91春季年会 2011年3月, 神奈川大学, 日本化学会第91春季年会講演要旨集 (CD-ROM)

22) 太田真由, **内山茂久**, 稲葉洋平, 後藤純雄, 樺田尚樹. 2-ハイドロキシピリジンを脱離溶媒としたヘッドスペース/ガスクロマトグラフ法による空气中揮発性有機化合物の分析 日本化学会第91春季年会 2011年3月, 日本化学会第91春季年会講演要旨集 (CD-ROM)

23) **内山茂久**; 稲葉洋平; 樺田尚樹 trans-1,2-ビス(2-ピリジル)エチレンと2,4-ジニトロフェニルヒドラジンの混合溶液を含むシリカを用いた大気中オゾンとアルデヒド類の同時分析 日本分析化学会第59年会, 2010年9月, 東北大学, 日本分析化学会第59年会講演要旨集 P. 286

24) **内山茂久**; 稲葉洋平; 樺田尚樹 trans-1,2-ビス(2-ピリジル)エチレンと2,4-ジニトロフェニルヒドラジンを用いたオゾンとカルボニル化合物の同時分析 第51回大気環境学会年会, 2010年9月, 大阪大学, 第51回大気環境学会年会講演要旨集 P. 330.

25) **内山茂久**; 稲葉洋平; 樺田尚樹 拡散サンプラーを用いた大気中オゾンとカルボニル化合物の同時分析 第51回大気環境学会年会, 2010年9月, 大阪大学, 第51回大気環境学会年会講演要旨集 P. 329.

26) 太田真由; 山田智美; **内山茂久**; 稲葉洋平; 樺田尚樹; 後藤純雄 室内環境中のVOC及びアルデヒド類濃度調査 第51回大気環境学会年会, 2010年9月, 大阪大学, 第51回大気環境学会年会講演要旨集 P. 302.

27) 津田和俊; 佐田忠行; 町村尚; 蘇印泉; **内山茂久** 中国河南省における杜仲植林地および周辺市街地の大気汚染測定 第51回大気環境学会年会, 2010年9月, 大阪大学, 第51回大気環境学会年会講演要旨集 P. 315.

28) **内山茂久**; 稲葉洋平; 樺田尚樹 ハイドロキノン含浸シリカおよび2,4-ジニトロフェニルヒドラジン含浸シリカを用いた空气中アクロレインの分析 第19回環境化学討論会, 2010年6月, 中部大学, 第19回環境化学討論会講演要旨集, P. 678-679.

29) 山田智美; 太田真由; **内山茂久**, 稲葉洋平, 樺田尚樹, 後藤純雄 室内室外におけるガス状汚染物質の挙動について(冬季) 第19回環境化学討論会, 2010年6月, 中部大学, 第19回環境化学討論会講演要旨集, P. 676-677.

30) 山田智美; **内山茂久**; 稲葉洋平; 樺田尚樹 ガス状汚染物質測定用拡散サンプラーの安定性について 第19回環境化学討論会, 2010年6月, 中部大学, 第19回環境化学討論会講演要旨集, P. 674-675.

〔産業財産権〕

○出願状況 (計1件)

名称: 気体分析用カルボニル化合物捕集管, 気体試料の分析方法, 及びオゾンスクラバー
発明者: 内山茂久

権利者:

種類:

番号: PCT/JP2010/ 70935

出願年月日: 2010年11月24日

国内外の別: 国際出願

6. 研究組織

(1)研究代表者

内山茂久 (Uchiyama Shigehisa)

国立保健医療科学院 生活環境研究部
上席主任研究官

研究者番号: 40524236

(2)研究分担者

後藤純雄 (Goto Sumio)

麻布大学生命環境科学部教授

研究者番号: 30112890

中込秀樹 (Nakagome Hideki)

千葉大学大学院工学研究科教授

研究者番号: 20375611