

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4月11日現在

機関番号： 17401
 研究種目： 基盤研究（C）
 研究期間： 2009～2012
 課題番号： 21550087
 研究課題名（和文）気液直接接触型マイクロガス分析システムの基盤技術構築と環境解析・医療診断への応用
 研究課題名（英文）Micro gas analysis system comprising of air/liquid direct contact and its applications to environmental analysis and medical diagnostics
 研究代表者
 戸田 敬（TODA KEI）
 熊本大学・大学院自然科学研究科・教授
 研究者番号：90264275

研究成果の概要（和文）： ガス透過膜を介さない気液を直接接触させるガス捕集デバイスの開発とそれを用いたガス分析システムの構築を行った。気液界面に膜を用いないため、液をフラットな液相として形成する工夫が必要であった。チャンネルの底面に親水性の加工を行うことによって吸収液の薄層を形成しかつ連続的に導入することが可能になった。流体力学的な簡易なシミュレーション法も確立し、これを用い、100%の捕集率を保ちながら捕集量絶対値が最大になるようなデバイスの設計とガス流量の決定を行った。本デバイスを用いてアンモニアの連続測定を確立することができた。また、このほかHCHOやNOの分析法や分析システムを確立した。前者は都市部での濃度分布を明らかにしたり、森林大気中での二次生成を解析したりする環境解析に応用した。また水に溶解性に低いNOについても湿式分析法を確立し、呼気中のNO分析を行うことができた。本法は喘息の診断に用いることができる。

研究成果の概要（英文）： Gas collection device, in which sample gas and absorbing solution contact each other without gas permeable membrane, was developed. As there was no membrane between the two phases, we needed to establish flat and thin absorbing solution layer in the device. It was performed with making the channel bottom hydrophilic. Simple spreadsheet was developed for simulation of collection efficiency of the device, and the best dimensions of collection device were designed using the spreadsheet to collect the analyte gas species quantitatively and largely in amount. The device was evaluated for ammonia gas monitoring. Also the system was applied to HCHO and NO. HCHO analysis device was applied to analyze forest atmosphere chemistry. NO device can be applied to breath analysis for asthma patient diagnostics.

交付決定額

（金額単位：円）

| | 直接経費 | 間接経費 | 合計 |
|--------|-----------|-----------|-----------|
| 2009年度 | 1,200,000 | 360,000 | 1,560,000 |
| 2010年度 | 800,000 | 240,000 | 1,040,000 |
| 2011年度 | 1,000,000 | 300,000 | 1,300,000 |
| 2012年度 | 700,000 | 210,000 | 910,000 |
| 年度 | | | |
| 総計 | 3,700,000 | 1,110,000 | 4,810,000 |

研究分野： 化学
 科研費の分科・細目： 複合化学・分析化学
 キーワード： 環境分析, マイクロガス分析システム

1. 研究開始当初の背景

近年、マイクロガスアナライザーが世界的に脚光を浴び、大気環境・医療・テロ対策などあらゆる分野で応用が期待されていた。ガス成分、特に人体に影響のある物質は、反応性や吸着性が高いため、採取サンプルのラボへ持ち込んでの測定が不可能なものが多い。従って、現場で直接かつリアルタイムに測定できる分析装置の登場が望まれている。ニーズがあるにもかかわらず実用可能なマイクロガスアナライザーは未だごく限られている。

当研究室では、独自の分析デバイスを開発し、実際の大气環境の解析に応用してきた。Wet chemistry を用いるデバイスでは、水溶性ガスを吸収反応溶液に取り込んで測定を行うが、ガスの捕集をマイクロチャンネルを行うことで、通常のインピンジャーに比べなんと2万倍もの捕集濃縮効率を得ることができた。本原理に基づくシステムを **micro Gas Analysis System (μ GAS)** として提唱し、短い捕集時間 (リアルタイム) で **sub-ppb** レベルまでのフィールド分析が可能になった。ここで、吸収反応溶液と試料の気相とはガス透過膜で隔たれており、薄い吸収液相の制御が可能になったが、ガス分子の膜の透過が律速となりがちで、ガスによるキャリブレーションがその都度必要であったり、ガスの取り込みが透過膜で制限されてしまったりした。

2. 研究の目的

大気試料を大量導入し、目的成分を定量的に捕集・反応させるためのオープンチャンネル型デバイスを開発する。オープンチャンネルには一定の流量で吸収反応溶液を流す必要があるが、流路が閉じていないので従来のようにポンプで押し出して送り込むことができない。オープンチャンネルへ吸収反応溶液を連続的に導入する方法を確立する。さらに、この新しいオープンチャンネル型 μ GAS による水溶性ガスの分析法を確立し、大気環境の解析や医療診断への応用展開をはかる。

3. 研究の方法

分子拡散の理論的シミュレーションをもとに、最適なガス捕集デバイスの形状や寸法を決定する。この結果をもとに、オープンチャンネル型のガス捕集デバイスの設計と試作を行う。また、オープンチャンネルへ吸収溶液を導入・制御する手法を確立する。平成21年度は、主にオープンチャンネル型デバイスの開発とその特性の把握を行い、平成22年度以降は、HCHO, HCOOH, NO, NH₃ など種々のガスへの応用と、実環境計測への展開をはかる。特に当研究室で検討している非都市域での光化学スモッグ生成機構の解明に役立てていく。さらに高速応答のデバイス開発を行い、ヒトから発生する成分のストレスや生理状態の変化にともなう動的解析への応用に取り組む。

4. 研究成果

水溶性ガスを対象とした超高感度なガス分析システムを構築するため、気-液を直接接触させる新規なデバイスの開発とその評価について取り組んだ。本デバイスでは捕集効率を理論的に取り扱えるので、従来のように透過膜の特性劣化を懸念する必要もなく、またガスによるキャリブレーションも不要となる。

開発したガス捕集効率・捕集量のシミュレーションプログラムを活用し、デバイスの設計や評価を行った。また、アンモニアガス分析への応用を検討し、本法を用いたアンモニア測定デバイスの開発をすすめた。室内アンモニアレベルの連続測定が可能になった。また呼気中 NO の分析に成功した。本法は喘息の診断に役立てられると期待される。

マイクロガス分析システムの応用展開としても実環境分析とその応用による環境解析をすすめた。特に森林大気中における極微量のホルムアルデヒド濃度の追跡を行い、大気化学に関する詳細かつ重要な知見を得ることができた。また、マイクロガス分析をうまく利用すれば揮発性の水中微量物質の現場での超高感度分析が可能になる。蒸気化の基礎について理論的・実験的考察を行い、さまざまな物質の本法への適用性を議論した。その中で硫化水素に対して nM オーダーの現場分析が可能になり、有明海やロシアのバイカル湖における天然水の調査に役立てることができた。

ホルムアルデヒドも、これまで低濃度の測定は困難であったが、本法により微量の連続分析が可能になった。低濃度の分析については、オゾンの妨害などいくつか問題が発覚したが、それぞれ対応することができた。また妨害のメカニズムについてもラボ実験や質量分析結果をもとに明らかにすることができた。さらに、エアロゾルとガス状のホルムアルデヒドについてそれぞれ分けて測定できるシステムを構築した。本法により、エアロゾル中に存在するホルムアルデヒドのモニタリングを初めて行うことができた。エアロゾルは様々な反応の場になっており、大気化学を解析する上で重要な知見を得た。

以上のように、分析デバイスの開発、分析法の確立を行うとともにサイエンティフィックな研究へと発展していくことができた。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕 (計 28 件)

1. T. Yoshida, H. Murakawa, and K. Toda Determination of Nitenpyram and Its Metabolites by Using HILIC-MS/MS *Journal of Pesticide Science (PSSJ)* 査読有, **38**, in press. (2013).
2. K. Toda, W. Tokunaga, Y. Gushiken, K.

- Hirota, T. Nose, D. Suda, J. Nagai, and S. Ohira, Mobile Monitoring Along a Street Canyon and Stationary Forest Air Monitoring of Formaldehyde by Means of a Micro-Gas Analysis System, *Journal of Environmental Monitoring* (RSC) 査読有, **14** (5), 1462–1472 (2012).
3. S. Ohira, K. Kuhara, M. Kudo, Y. Kodama, P. K. Dasgupta, and K. Toda Electrodealytic Ion Isolation for Matrix Removal *Analytical Chemistry* (ACS) 査読有, **84** (12), 5421–5426 (2012).
4. K. Toda, Y. Ebisu, K. Hirota, and S. Ohira Membrane-Based Microchannel Device for Continuous Quantitative Extraction of Dissolved Free Sulfide from Water and from Oil, *Analytica Chimica Acta* (Elsevier) 査読有, **741** (1) 38–46 (2012).
5. H. Chikushi, Y. Fujii, and K. Toda Measurement of Polychlorinated Biphenyls in Solid Waste Such as Transformer Insulation Paper by Supercritical Fluid Extraction and Gas Chromatography Electron Capture Detection, *Journal of Chromatography A* (Elsevier) 査読有, **1256**, 267–270 (2012).
6. M. J. Hansen, K. Toda, T. Obata, A. P. S. Adamsen, and A. Feilberg, Evaluation of Single Column Trapping/Separation and Chemiluminescence Detection for Measurement of Methanethiol and Dimethyl Sulfide from Pig Production, *Journal of Analytical Methods in Chemistry* (Hindawi) 査読有, 2012, ID489239, 7pages (2012).
7. S. Ohira, K. Goto, K. Toda, and P. K. Dasgupta, A Capacitance Sensor for Water: Trace Moisture Measurement in Gases and Organic Solvents, *Analytical Chemistry* (ACS) 査読有, **84** (20), 8891–8897 (2012).
8. 戸田 敬, マイクロガス分析システムによる都市・森林大気中ホルムアルデヒドのオンサイト分析, ぶんせき (JSAC) 査読無, **2012** (12), 685–691 (2012).
9. T. Jodai, Md. A. Hashem, S. Ohira, and K. Toda, Monitoring of Arsenite and Arsenate by Flow Injection-Hydride Generation Atomic-Fluorescence Spectrometry I: System Development, *Journal of Flow Injection Analysis* (JAFIA) 査読有, **29** (2), 77–80 (2012).
10. T. Jodai, Md. A. Hashem, S. Ohira, and K. Toda, Monitoring of Arsenite and Arsenate by Flow Injection-Hydride Generation Atomic-Fluorescence Spectrometry II: Investigation of Leaching from Contaminated Sediments, *Journal of Flow Injection Analysis* (JAFIA), 査読有, **29** (2), 81–84 (2012).
11. T. Yoshida, H. Hamada, H. Murakawa, H. Yoshimoto, T. Tobino, and K. Toda, Determination of Histamine in Seafood by Hydrophilic Interaction Chromatography/Tandem Mass Spectrometry *Analytical Sciences*, 査読有 **28** (2), 179–182 (2012).
12. M.A. Hashem, M. Takaki, T. Jodai, and K. Toda, Measurements of Arsenite and Arsenate Contained in Mining River Waters and Leached from Contaminated Sediments by Sequential Hydride Generation Flow Injection Analysis *Talanta* 査読有, **84** (5), 1336–1341 (2011).
13. K. Toda, H. Kuwahara, and S. Ohira On-Site Measurement of Trace-Level Sulfide in Natural Waters by Vapor Generation and Microchannel Collection *Environmental Science and Technology* 査読有, **45** (13), 5622–5628 (2011).
14. 戸田 敬, 廣田和敏, 徳永 航, 須田大作, 具志堅洋介, 大平慎一, 森林大気中イソプレレンと関連物質のオンサイト多成分分析 分析化学 査読有, **60** (6), 489–498 (2011).
15. M.A. Hashem, T. Jodai, S. Ohira, K. Wakuda, and K. Toda, High Sensitivity Arsenic Analyzer Based on Liquid-Reagent-Free Hydride Generation and Chemiluminescence Detection for On-Site Water Analysis, *Analytical Sciences* 査読有, **27** (7), 733–738 (2011).
16. 田中利宜, 古賀智子, 筑紫寛明, 大平慎一, 長谷川麻子, 戸田 敬, ‘シンク効率’を指標とした固相吸着剤の硫化水素吸着特性に関する動的評価, 分析化学 (査読有), **60**, 641–646 (2011).
17. K. Toda, T. Koga, T. Tanaka, S. Ohira, J.M. Berg, and P.K. Dasgupta, Miniature Open Channel Scrubber for Gas Collection *Talanta* 査読有, **82**, pp.1870–1875 (2010).
18. J.M. Berg, D.L. James, C.F. Berg, K. Toda, and P.K. Dasgupta, Gas Collection Efficiency of Annular Denuders: A Spreadsheet-based Calculator. *Analytica Chimica Acta* 査読有, **664** (1), pp.56–61 (2010).

19. K. Toda, T. Obata, V.A. Obolkin, V.L. Potemkin, K. Hirota, M. Takeuchi, S. Arita, T.V. Khodzher, and M.A. Grachev Atmospheric Methanethiol Emitted from a Pulp and Paper Plant on the Shore of Lake Baikal, *Atmospheric Environment* 査読有, **44**, pp.2427–2433 (2010).

20. V.A. Obolkin, V.L. Potemkin, T.V. Khodzher, L.P. Gulovokova, U.G. Filippova, V.L. Makukhin, K. Toda, M. Takeuchi, T. Obata, and K. Hirota, Dynamics of Sulfur-Containing Admixtures in the Atmosphere around a Point of Source – the Baikal Pulp and Paper Plant on the Southeast Coast of Lake Baikal. *Atmospheric and Oceanic Optics* 査読有, **23** (1), pp.32–38 (2010).

21. K. Toda, W. Tokunaga, H. Kuwahara, V. Obolkin, V. Potemkin, and T. Khodzher Measurement of Dimethyl Sulfide Contained in Surface Water of Lake Baikal *Proceedings of the fifth Vereshchagin Baikal Conference* 査読無, pp.203–204 (2010).

22. K. Toda, T. Koga, J. Kosuge, M. Kashiwagi, H. Oguchi, T. Arimoto Micro gas analyzer measurement of nitric oxide in breath by direct wet scrubbing and fluorescence detection, *Analytical Chemistry* 査読有 **81** (16), pp.7031–7037 (2009).

23. H. Chikushi, K. Hirota, N. Yoshida, T. Edamura, K. Toda, Simple water analysis of golf link pesticides by means of batch-wise adsorption and supercritical fluid extraction *Talanta* 査読有, **80**, pp.738–743 (2009).

24. В.А. Оболкин, В.Л. Потемкин, Т.В. Ходжер, Л.П. Голобокова, У.Г. Филиппова, В.Л. Макухин, К. Тода, К. Обата, К. Хирота, М. Такеучи, Динамика серосодержащих примесей в атмосфере вокруг точечного источника–Байкальского целлолознобумажного комбината (юго-восточное еобережье оз. Байкл) *Оптика атмосферы океана* 査読有, **22** (9), pp.853–858 (2009).

25. K. Toda, P.K. Dasgupta, Environmental applications: Atmospheric trace gas analyses pp. 640–683, Chapter 22 in “Advances in Flow Injection Analysis and Related Techniques”, Ed. by S.D. Kolev and I.D. Mckelvie, *Comprehensive Analytical Chemistry* 査読無 **Vol. 54**, Elsevier (2009).

26. H. Hirota, T. Nose, S. Ohira, K. Toda

Mobile measurements of atmospheric formaldehyde in the downtown and the forests with micro gas analysis system *Proceeding of 10th Asian Conference on Analytical Sciences (ASIANALYSIS X)* 査読無, p.82, (2009).

27. S. Ohira, K. Toda, P.K. Dasgupta, K.A. Shug, Fiber optic sensor for simultaneous determination of atmospheric nitrogen dioxide, ozone, and relative humidity *Proceeding of 10th Asian Conference on Analytical Sciences (ASIANALYSIS X)* 査読無, p.25 (2009).

28. S. Sakai, M. Matsuda, D. Wang, T. Namihira, H. Akiyama, K. Okamoto, K. Toda Nitric Oxide Generator Based on Pulsed Arc Discharge, *Acta Physica Polonica A* 査読有 **115** (6), pp.1104–1106 (2009).

〔学会発表〕 (計 47 件)

1. 戸田 敬, 環境分析・生体分析を目的とした新しい分析デバイス【招待講演】, 三菱化学アナリティック特別講演会, 2013年3月7日 三菱化学アナリティック (茅ヶ崎)
2. 戸田敬, 戎由貴, 廣田和敏, 大平慎一 水流体・油流体中溶存硫黄の定量的なインライン, 続抽出を目的としたマイクロデバイス 第50回フローインジェクション分析講演会 2012年11月16日 徳島大学薬学部
3. 柚木悟, 大平慎一, 竹内政樹, 戸田敬 エアロゾル中ホルムアルデヒド検出の試み 第50回フローインジェクション分析講演会 2012年11月16日 徳島大学薬学部
4. 長井淳, 大平慎一, 戸田敬, インライン濃縮 LC-MS による大気中ニトロフェノール類の分析【若手優秀ポスター賞】, 第50回フローインジェクション分析講演会, 2012年11月16日 徳島大学薬学部
5. 長井淳, 大平慎一, 戸田敬, 大気中ニトロフェノール類濃度の日内変動・季節変動 日本化学会西日本大会, 2012年11月10日~11月11日 佐賀大学
6. 津田裕, 伴正寛, 田中利宜, 大平慎一, 戸田敬, 脱硫廃材を利用した不均一系フェントン反応による畜産し尿中ビリルビン色素の分解, 日本化学会西日本大会 2012年11月10日~11月11日 佐賀大学
7. 戸田 敬, 森林大気で生成するローカルな化学物質と大陸性オキシダントとの相互作用, 日本化学会西日本大会【依頼公演】 2012年11月10日~11月11日 佐賀大学
8. T. NAGAHATA, H. KAJIWARA, S. OHIRA, K. TODA, Field measurement of dimethyl sulfide and dimethylsulfoniopropionate in natural water, SETAC Asia Pacific 2012 2012年9月24日~9月27日 ANA Hotel

kumamoto New Sky, 熊本

9. 前田史織, 中村行秀, 大平慎一, 戸田敬
マイクロイオン抽出デバイスによる唾液中
微量陰イオンの分析【若手公演ポスター賞】
日本分析化学会第 61 年会

2012 年 9 月 19 日～9 月 21 日 金沢大学

10. 長畑孝典, 伴正寛, 大平慎一, 戸田敬
バイカル湖水溶存硫化ジメチルおよびその
前駆物質の化学発光法によるフィールド分
析【若手公演ポスター賞】, 日本分析化学会
第 61 年会, 2012 年 9 月 19～21 日金沢大学

11. 戸田 敬, 柚木悟, 大平慎一, 竹内政樹
大気中エアロゾルにホルムアルデヒドは存
在するか?, 日本分析化学会第 61 年会

2012 年 9 月 19 日～9 月 21 日 金沢大学

12. 長井淳, 服部文子, 松本静香, 山本悠,
大平慎一, 戸田敬, 大気中塩素酸・過塩素酸
塩の検出と解析, 第 30 回九州分析化学若手
の会夏季セミナー, 2012 年 7 月 27 日

国民休暇村指宿

13. 杉本翔太郎, 大平慎一, 戸田敬

シリコンシート中の環状シロキサンの方
析, 第 30 回九州分析化学若手の会夏季セ
ミナー, 2012 年 7 月 27 日 国民休暇村指宿

14. 梶原英貴, 桑原明香, 大平慎一, 戸田敬
加熱脱着ガスクロマトグラフィー質量分
析によるメチルメルカプタン発生過程の方
析 第 30 回九州分析化学若手の会夏季セ
ミナー

2012 年 7 月 27 日 国民休暇村指宿

15. 柚木悟, 彌永輝, 大平慎一, 戸田敬

大気中エアロゾル中のホルムアルデヒド
検出の試み, 第 30 回九州分析化学若手の
会夏季セミナー, 2012 年 7 月 27 日 休
暇村指宿

16. 戸田 敬, 城代琢磨, 大平慎一, 水素化
物発生—化学発光・原子蛍光分析による水
中溶存ヒ素の高感度フィールド分析と土壌
溶出過程の解析, 第 72 回分析化学討
論会, 2012 年 5 月 19 日～5 月 20 日 鹿
児島大学

17. 伴正寛, 田中利宜, 津田裕, 大平慎一,
戸田敬, 脱硫廃材を用いた不均一系フェ
ントン反応によるペンタクロロフェノ
ールの高速分解【櫻島賞】, 第 72 回分
析化学討論会

2012 年 5 月 19 日～5 月 20 日 鹿児島大学

18. K. Toda, D. Suda, J. Nagai, S. Ohira
Problem in continuous monitoring of
atmospheric formaldehyde using
pentanedione chemistry and its
countermeasure, The 49th Annual Meeting of
JAFIA, 2011.12.2 愛知工大 (愛知)

19. K. Toda, Atmospheric isoprene and
formaldehyde analyzers utilizing
chemiluminescence detection and
microchannel scrubber【Keynote lecture】

2011 China-Japan-Korea symposium of
Analytical Science on Food, Environment,
and Nano-Technology

2011.11.1 Jeju (Korea)

20. 津田裕, 伴正寛, 田中利宜, 高水恵, 辻

誠, 大平慎一, 戸田敬, リモナイト脱硫廃材
を用いたし尿排水やペンタクロロフェ
ノールの高速分解処理, 日本分析化学会
第 60 年会, 2011.9.16 名古屋大学 (愛知)

21. 長井淳, 大平慎一, 戸田敬, 湿性・乾
性沈着物中ニトロフェノール類の検出,
日本分析化学会第 60 年会, 2011.9.14
名古屋大学

22. 城代琢磨, Hashem Md. Abul, 大平慎一,
戸田敬, 水素化物原子蛍光検出を用いた
連続フロー分析による土壌ヒ素溶出過
程の速度論的解析, 日本分析化学会第
60 年会

2011.9.14 名古屋大学 (愛知)

23. 戸田 敬, マイクロフロー分析による
オンサイト微量環境分析への挑戦【研
究懇談会特別講演】, 日本分析化学会
第 60 年会

2011.9.14 名古屋大学 (愛知)

24. 大平慎一, 平間美奈子, 戸田 敬
メンブランレスガスコレクタによる空
気中アンモニアの測定システム, 日本
分析化学会第 60 年会, 2011.9.14 名
古屋大学 (愛知)

25. 久原健太, 兒玉侑子, 大平慎一, 戸
田敬 電界下におけるイオンの泳動に
基づいた溶液試料の前処理法—定量
の抽出と流量比による希釈・濃縮—,
第 29 回九州分析化学若手の会夏季
セミナー, 2011.7.28 めかり山荘

26. 須田大作, 大平慎一, 戸田敬
森林大気中有機酸の連続測定と蛍光
検出の試み, 第 29 回九州分析化学
若手の会夏季セミナー, 2011.7.28
めかり山荘 (山口)

27. 長井淳, 大平慎一, 戸田敬
熊本における p-ニトロフェノールの
湿性・乾性沈着, 第 29 回九州分析
化学若手の会夏季セミナー, 2011.7.28
めかり山荘 (山口)

28. S. Ohira, K. Kuhara, M. Kudo, A.
Shigetomi, Y. Kodama, P.K. Dasgupta, K.
Toda, Rapid Ion Transfer from Sample
Matrix for Ion Analysis, ICAS2011,
2011.5.26, 京都国際会議場 (京都)

29. K. Toda, H. Kuwahara, S. Ohira
Micro flow device for measurement of
atmospheric methanethiol, ICAS 2011
2011.5.22-26 京都国際会議場 (京都)

30. K. Toda, H. Kuwahara, and S. Ohira,
Trace Analysis of Dissolved Species by
Vaporization-Collection Micro Flow
System 2010 International Chemical
Congress of Pacific Basin Societies【
招待講演】2010/12/18, Hawaii
Convention Center, USA

31. K. Toda, W. Tokunaga, H. Kuwahara,
V. Obolkin, V. Potemkin, and T. Khodzher
Measurement of Dimethyl Sulfide
Contained in Surface Water of Lake
Baikal, The fifth Vereshchagin
Baikal Conference【招待講演】
2010/10/08, Limnological Institute,
Irkutsk. Russia.

32. 田中利宜, 古賀智子, 大平慎一, 戸
田 敬 固相表面のガス吸着特性に
関する動的評価法の検討, 日本
分析化学会第 59 年会,

2010/09/15 東北大学 (仙台)
33. 桑原明香, 大平慎一, 戸田 敬
気化捕集法による天然水中微量硫化物イオンの分析, 日本分析化学会第 59 年会
2010/09/15 東北大学 (仙台)
34. 徳永航, 廣田和敏, 須田大作, 具志堅洋介, 大平慎一, 戸田敬, 森林大気中揮発性有機化合物の動態解析, 第 28 回九州分析化学若手の会, 2010/07/31 雲仙ミカドホテル
35. 戸田敬, 小畑智明, 徳永航, 桑原明香, 大平慎一, V. Obolkin, V. Potemkin, 天然水中超微量硫黄化合物のオンサイト分析ーバイカル湖の溶存硫黄化合物の測定ー, 第 71 回分析化学討論会, 2010/05/15 島根大学
36. 戸田 敬, 気化捕集による排水中ホルムアルデヒドの連続モニタリング, 第 48 回フローインジェクション分析講演会, 2009 年 11 月 27 日 大阪府立大学
37. 戸田 敬, フィールド分析からみる大気環境のダイナミクス 【依頼公演】, 日本化学会西日本大会, 2009 年 11 月 7 日愛媛大学
38. 廣田和敏, 野瀬哲平, 大平慎一, 戸田 敬
森林内大気及び都市大気中ホルムアルデヒドの連続分析とモバイル分析, 日本分析化学会第 58 年会, 2009 年 09 月 26 日北海道大学
39. 徳永航, 廣田和敏, 大平慎一, 戸田敬
森林大気中イソプレンのモニタリングと大気環境への影響評価, 日本分析化学会第 58 年会, 2009 年 09 月 26 日 北海道大学
40. 古賀智子, 田中利宣, 大平慎一, 戸田 敬
チャンネル型ガス捕集デバイスに関する基礎検討, 日本分析化学会第 58 年会, 2009 年 09 月 25 日 北海道大学
41. 大平慎一, P.K. Dasgupta, Schug Kevin, 戸田敬, 二酸化窒素・オゾン・湿度の同時測定光ファイバーセンサー, 日本分析化学会第 58 年会, 2009 年 09 月 24 日 北海道大学
42. K. Hirota, T. Nose, S. Ohira, K. Toda
Mobile measurements of atmospheric formaldehyde in the downtown and the forests with micro gas analysis system
【Poster Award】, 10th Asian Conference on Analytical Sciences (ASIANALYSIS X)
2009 年 08 月 11 日, Putra World Trade Centre, Kuala Lumpur, Malaysia
43. S. Ohira, K. Toda, P.K. Dasgupta, K.A. Shug
Fiber optic sensor for simultaneous determination of atmospheric nitrogen dioxide, ozone, and relative humidity
10th Asian Conference on Analytical Sciences (ASIANALYSIS X), 2009 年 08 月 11 日, Putra World Trade Centre, Kuala Lumpur, Malaysia
44. 廣田和敏, 徳永航, 古賀智子, 須田大作, 大平慎一, 戸田 敬, 森林大気の植物起源揮発性有機化合物とアルデヒド・カルボン酸の測定, 九州分析化学若手の会
2009 年 07 月 30 日 宮崎観光ホテル

45. 山口楽, 大平慎一, 戸田 敬
気化捕集法による排水中ホルムアルデヒドの分析, 九州分析化学若手の会
2009 年 07 月 30 日 宮崎観光ホテル
46. 戸田 敬, 小畑智章, 廣田和敏, Vladimir Obolkin, Vladimir Potemkin, Tamara Khodzer, 竹内政樹, 大気中硫黄化合物のフィールド分析: バイカル湖岸パルプ工場の大気環境への影響評価, 第 70 回分析化学討論会
2009 年 05 月 17 日 和歌山大学
47. 戸田 敬
呼気中一酸化窒素の直接測定を目指したマイクロチャンネルデバイス, 第 70 回分析化学討論会, 2009 年 05 月 16 日 和歌山大学

【図書】(計 1 件)

戸田 敬, 第 2 章 大気環境の分析
小熊幸一他編, これからの環境分析化学入門
講談社サイエンティフィク
2013 年 9 月発刊予定

【産業財産権】

○出願状況 (計 2 件)

1. 名称:ホルムアルデヒドの測定方法及び測定装置
発明者: 戸田 敬, 笠松寿規
権利者: DOWA ホールディングス, 熊本大学
種類: 特許
番号: 特願 2009-121306
出願年月日: 2009 年 05 月 19 日
国内外の別: 国内
2. 名称: 排水の処理方法
発明者: 戸田 敬
権利者: 熊本大学, 日本リモナイト
種類: 特許
番号: 特願 2011-147514
出願年月日: 2011 年 7 月 1 日
国内外の別: 国内

○取得状況 (計 1 件)

1. 名称: マイクロガス捕集機の製造方法
発明者: 戸田敬
権利者: 戸田敬, ガステック
種類: 特許
番号: 特許第 4397604
取得年月日: 2009 年 10 月 30 日
国内外の別: 国内

〔その他〕ホームページ等

<http://www.sci.kumamoto-u.ac.jp/~todakei/>

6. 研究組織

戸田 敬 (TODA KEI)
熊本大学・大学院自然科学研究科・教授
研究者番号: 90264275
(2)研究分担者 なし
(3)連携研究者 なし