

## 戸 田 敬 氏

(Kei TODA  
熊本大学大学院先端科学研究部基礎科学部門 教授)

1960 年福岡県柳川市に生まれる。1985 年熊本大学理学研究科修士課程修了, 1996 年博士(理学)の学位取得, 1999 年環境計量士(濃度関係)。1985 年株式会社エステック(この間 1988~1990 年東北大学電子工学科研究生), 1994 年熊本大学理学部助手, その後講師, 助教授を経て 2007 年熊本大学大学院自然科学研究科教授, 現在に至る(現所属は大学院先端科学研究部)。また, 2000 年, 2003 年にテキサステック大学にて博士研究員および文部科学省在外研究員, 2010 年にオーフス大学(デンマーク)客員教授を務める。2009 年フローインジェクション分析学術賞, 2013 年先端分析技術賞 CERI 評価技術賞, 2011~2013 年度「分析化学」編集委員, 2017 年度日本分析化学会九州支部長, 2018 年度分析化学講習会実行委員長。



## 【業 績】

## 大気物質の動態を明らかにする分析化学

戸田 敬君は, 大気観測に必要なフィールド分析装置の開発や, 独自の装置を駆使した大気化学の解明に取り組んできた。特に ppb<sup>v</sup> や μg/m<sup>3</sup>, ng/m<sup>3</sup> オーダーでの分析が困難であった大気物質を対象とし, 実際に活用してきた。高い感度や選択性, フィールドピリティを達成し, 従来の分析装置では不可能であった詳細な解析を進めてきた。以下に同君の主要な研究業績を紹介する。

1. マイクロガス分析システム μGAS や気体・粒子の連続湿式捕集デバイスの開発<sup>1)~13)</sup>

μGAS は, 微量のガス成分を測定するマイクロ流体デバイスである。水溶性のガス成分を吸収反応液に取り込むスクラパーをハニカム型のマイクロチャンネル構造とし, 広い吸収面積と薄い吸収液層を達成した。その結果, 従来のバブリングによる捕集瓶「インピンジャー」に比べ 20000 倍もの高い捕集濃縮効率を達成し, ppb<sup>v</sup> オーダーの微量成分のリアルタイム分析が可能になった(検出限界 0.01~0.4 ppb<sup>v</sup>)。マイクロチャンネル内へ捕集した分析対象成分は, 吸収液に添加した特定の試薬と反応し, その生成物を検出するが, 感度の高い蛍光検出を採用している。蛍光検出器も, LED とフォトダイオードによる小型なもので, マイクロチャンネルスクラパーのすぐ下流に接続されている。測定対象によって反応系や検出器を検討し, 大気中の H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>SH, COS, NO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, HCHO, 呼気中の NO の測定が可能になった。また, バイオケミカルな用途とは対照的に, 現場分析を大きな目的とし, フィールド分析に適した送液について検討している。まず, マイクロチャンネル流量センサを開発し, 流量信号をフィードバックしてマイクロチャンネルデバイスの電気浸透流や圧送流の制御に成功した。本流量制御は, 機械的機構を持たず脈流がないため, 極めて高い SN 比の検出信号が得られている。また, 平板や円筒状の気体捕集面を持つデバイスの捕集率をシミュレーションする Excel プログラムを開発し, 論文の web にて公開している。このプログラムを用いて設計・条件検討を行ったデバイスにて, 揮発性の極性有機化合物について気体状・粒子状の分別捕集やリアルタイム分析に成功している。

2. 化学発光を利用した硫黄化合物やイソプレンの分析<sup>14)~20)</sup>

オゾン反応に基づく気相化学発光を利用した高感度かつ簡便な分析装置をいくつか開発している。反応セルや発光検出部ならびにマスキングや捕集・分離の工夫を行い, 大気中のイソプレンや海水・大気中の dimethyl sulfide (DMS) の選択的かつ高感度な分析に成功している。

3. 大気化学の解明<sup>21)~29)</sup>

自ら開発した装置を駆使し, これまで困難であったモバイル分析やリモートエリアにおける分析を遂行している。熊本市内の森林大気のほか, 阿蘇山・箱根・富士山などの山岳域, 有明海やバイカル湖などの海や湖など, 自然環境から発生する大気成分の測定や解析を行ってきた。例えば, 火山ガスや都市部での HCHO の濃度分布を地図上に 3D で示し, 火山から噴出した H<sub>2</sub>S が数分の移動の間に SO<sub>2</sub> に変換される様子やビルの谷間で HCHO が蓄積している様子を明らかにした。また, 森林大気の観測から, HCHO 二次生成の起源となるイソプレンなど植物起源 VOCs 濃度の推移を解析し, 森林内 HCHO の各生成過程の寄与やその日内変動について明らかにしている。二次生成した HCHO が大気粒子内に移行していく様子も捉えている。粒子中の HCHO は従来のフィルター捕集では再揮散のため検出されなかったが, 気体/粒子の分別捕集により状態別のリアルタイム測定に成功している。得られた結果より, 吸湿性粒子の成長に合わせて HCHO が粒子側に移行することが示された。また, グリオキサールなどジカルボニル類についても同様の特性を得ている。一方, 海洋のプランクトンが浸透圧防御のために生成する dimethylsulfoniopropionate (DMSP) やその分解物である DMS についても詳細な測定を行っている。風や水・気温など物理的環境変化や光合成などの生物活性の変動, 大気 DMS の光化学分解により, 海面から大気への DMS のフラックスが毎日周期的に大きく変動していることをデータとともに提唱した。

以上のように戸田敬君の独創的かつ完成度の高い分析デバイスは, これまで困難であった微量大気成分, 悪臭成分, 呼気成分のその場での分析を可能にしてきた。国外の研究者からの要望にも応えて, 海外での観測を通じて有用な知見が得られつつあり, 今後も大気化学の研究に役立っていくと期待される。

(株)日立製作所 本田俊哉

## 文 献

- 1) *Anal. Chem.*, **73**, 5716 ('01).
- 2) *ibid.*, **74**, 5890 ('02).
- 3) *ibid.*, **75**, 4050 ('03).
- 4) *Environ. Sci. Technol.*, **38**, 1529 ('04).
- 5) *Lab Chip*, **5**, 1374 ('05).
- 6) *Anal. Chem.*, **78**, 7284 ('06).
- 7) *Anal. Chim. Acta*, **588**, 147 ('07).
- 8) *Anal. Chem.*, **81**, 7031 ('09).
- 9) *Anal. Chim. Acta*, **664**, 56 ('10).
- 10) *Talanta*, **82**, 1870 ('10).
- 11) *Environ. Sci. Technol.*, **45**, 5622 ('11).
- 12) 分析化学, **60**, 641 ('11).
- 13) *Anal. Chim. Acta*, **841**, 1 ('14).
- 14) *Anal. Chem.*, **78**, 6252 ('06).
- 15) *ibid.*, **78**, 7088 ('06).
- 16) *ibid.*, **79**, 2641 ('07).
- 17) *Chem. Eng. Commun.*, **195**, 82 ('08).
- 18) *Atmos. Environ.*, **44**, 2427 ('10).
- 19) *Anal. Chem.*, **85**, 4461 ('13).
- 20) *Talanta*, **148**, 609 ('16).
- 21) *Atmos. Environ.*, **39**, 6077 ('05).
- 22) 分析化学, **55**, 109 ('06).
- 23) *ibid.*, **60**, 489 ('11).
- 24) *J. Environ. Monit.*, **14**, 1462 ('12).
- 25) 分析化学, **62**, 775 ('13).
- 26) *Environ. Sci. Technol.*, **48**, 6636 ('14).
- 27) 分析化学, **64**, 571 ('15).
- 28) *Chemosphere*, **135**, 31 ('15).
- 29) *Environ. Sci. Processes Impacts*, **18**, 464 ('16).