

## 渡 辺 壱 氏

(Atsushi WATANABE  
フロンティア・ラボ株式会社 代表取締役社長)

1982年4月東京に生まれる。2009年ブリティッシュコロンビア大学卒業、2010年フロンティア・ラボ株式会社入社、2021年から同社代表取締役。名古屋工業大学の谷肇教授の指導を受け、2019年に博士(工学)の学位を取得。2020年から東北大学環境科学研究科先端環境創成学専攻客員准教授。現在は、熱分解装置およびその周辺機器の開発や、応用分析法の開発に取り組んでいる。2021年Forbes Japan主催 Small Giants Award 2021でGlobal Niche賞、並びに2022年第34回中小企業優秀新技術・新製品賞の優秀賞、環境貢献特別賞受賞。趣味は、福島県内および近県での軽登山と温泉巡り、お酒の嗜み。



## 【業 績】

## 熱分解 GC/MS による高分子材料関連のキャラクタリゼーション

渡辺壱君は、各種添加剤の分析を始め、高分子材料の熱分解ガスクロマトグラフィー/質量分析法(Py-GC/MS)による分析に新たな視点を導入し、研究を展開した。さらに、タンデムマイクロリアクター GC/MS システムの新規開発や、極微量のマイクロプラスチック混合物の定性・定量分析を可能とするソフトとハードの開発を新たに行い、環境分析へのPy-GC/MSの適用性を拡大させた。以下、その研究概要を記す。

## 1. 熱脱着 (TD)-GC/MS や発生ガス (EGA)-MS を用いた添加剤等小分子の分析

渡辺壱君は、このTD-GC/MSにおける添加剤や小分子の分析において、ポリプロピレン中の難燃剤である赤リンが熱脱着で生成したリン4量体の特異的分子生成反応を利用した発生ガス(EGA)-MS分析<sup>1)</sup>、低沸点成分の揮散抑制のために、高分子薄膜をコートした試料カップを用いたTD-GC/MS分析による、低沸点の可塑剤であるフタル酸エステルの定量<sup>2)3)</sup>など、添加剤等小分子の定量分析に対する確度の向上に大きく貢献した。

## 2. 水素や空気雰囲気下でのPy-GC/MSとEGA-MSの研究

Heの供給不足により、GCでの水素(H<sub>2</sub>)キャリアガスの利用要求が顕著になっている。渡辺壱君は、高密度ポリエチレン(HDPE)や低密度ポリエチレン(LDPE)など24種類の汎用高分子について、使用するHe、およびH<sub>2</sub>キャリアガスの違いによるパイログラムの変化を検討した。その結果、PEの熱分解生成物であるジオレフィンに対するH<sub>2</sub>の付加反応が、LDPEよりもHDPEで顕著であり、これが高分子中の残留触媒に由来することを明らかにした。また、HDPEを含めて多くの高分子は、H<sub>2</sub>キャリアガスを用いた熱分解でも、Heキャリアガスで作成されたライブラリーによる同定は充分可能であったが、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)など、電子求引性置換基のフッ素を有する高分子では、熱分解生成物の生成分布が著しく異なるという興味深い現象を見いだした<sup>4)</sup>。

一方、空気雰囲気下でのEGA-MS測定では、酸素によるMS検出器のフィラメントの劣化や、窒素によるMS検出器でのイオン化効率の減少によるS/Nの低下といった問題が生じる。渡辺壱君は、加熱炉とMS検出器間に、He流路を付加して空気濃度を希釈するという、単純ではあるが極めて効果的な気体流路の配管設定により、これら永年の課題解決に貢献した<sup>5)</sup>。

## 3. タンデム型熱分解装置の基礎検討と触媒反応研究への応用

触媒反応研究では、最適反応条件の探索には多大な時間を要していた。渡辺壱君は、この課題を解決するために、新たに縦型熱分解炉を二段直列に連結したタンデムマイクロリアクターを開発した。これにより、反応生成物をオンラインでGC/MS分析でき、触媒反応条件探索を極めて短時間のうちに行うことを可能とした<sup>6)7)</sup>。

一方、GCカラム流量は圧力の影響を直接受けるため、高圧装置とGC/MS装置を直結すると、保持時間が変化してしまう。そこで、流量制御器と背圧制御器及び減圧用キャピラリー管を巧みに配置することにより、1-3 MPaの圧力下でタンデムマイクロリアクターGC/MS分析が可能となり、触媒反応研究における反応圧力の条件探索検討の拡大に大きく寄与した<sup>8)9)</sup>。

## 4. マイクロプラスチック分析に特化したPy-GC/MSシステムの開発

マイクロプラスチック(MPs)は、環境中に普遍的に存在することが知られるようになり、ヒトの健康への影響が危惧されている。MPsの定性・定量分析法としては、顕微FT-IRなどの非破壊の分光分析法が一般的であるが、これらによる定量分析では、MPs粒子に対して個数ベースで行われ、質量ベースでは、密度を仮定した算出など、限定されたものであった。

環境中のMPsは、その種類や量が多様であり、粒径や形状も様々で、他の夾雑物が共存した状態で各MPs粒子を単離できず、混合物として一括して分析されることも多い。そのような混合物試料中に含まれる各プラスチックの定性・定量分析には多大の労力と時間が必要となる。これに対し、汎用的な11種の高分子について、Py-GC/MSにより得られる、複数の特徴的な熱分解生成物の結果を用いた検索ライブラリーについて、新しいアルゴリズムを開発することにより、各種高分子が共存する試料でも、構成高分子の定性・定量分析を迅速且つ高精度に行うことを可能とした<sup>10)11)</sup>。

以上、渡辺壱君のPy-GC/MSに関連した一連の研究は、創意工夫によりPy-GC/MS分析法の新たな展開を進めたもので、その成果は極めて高く評価でき、分析化学を主体として高分子化学や環境化学にも大きく貢献するものである。

〔東ソー分析センター 香川 信之〕

## 文 献

- 1) *Anal. Sci.*, **36**, 497 (20).
- 2) *J. Chromatogr. A*, **1391**, 88 (15).
- 3) 特許第5868908号(13).
- 4) *Anal. Chem.*, **88**, 5462 (16).
- 5) *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, **156**, 105126 (21).
- 6) *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, **111**, 41 (15).
- 7) 特許第6141234号(14).
- 8) *Anal. Sci.*, **33**, 1085 (17).
- 9) 特許第6010093号(14).
- 10) *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, **149**, 104834 (20).
- 11) 特許第6683335号(19).