

世界最先端の熱分解分析機器および分析技術の開発を目指して

Towards Development of Innovative Analytical Pyrolysis Technologies

熱分解 - ガスクロマトグラフィー / 質量分析法 (Py-GC/MS 法) による高分子のキャラクタリゼーション、廃プラスチックのリサイクルやバイオマス資源の有効利活用に向けた高分子の分解反応評価、これらを可能とする新しい分析手法および分析機器開発 (熱分析装置、ガスクロマトグラフ、質量分析装置、それらの周辺機器など) を行っている。また、フロンティア・ラボが有する海外拠点を通じて研究成果を世界に発信、海外との研究交流や共同研究を実施することで、グローバル人材の育成にも積極的に取り組む。

We are developing innovative pyrolysis technologies, such as pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry (Py-GC/MS), and the related equipment for polymer characterization and development of pyrolysis processes for feedstock recovery from waste plastics and biomass resources. We are also trying to develop human resources capable of global perspectives through international collaborative researches and seminars with Frontier Laboratories' global branch offices.

オンライン紫外線照射 / 熱分解 -GC/MS による太陽電池封止剤の紫外線劣化生成物の in-situ 分析を実現

本講座では、ポリマーの構造解析および廃プラスチックやバイオマス原料を化学原料に転換するための手法として、熱分解法に着目している。熱分解法は不活性ガス雰囲気下において「熱」によって種々の化学結合を切断する手法である。本講座では、小型熱分解装置 (通称: パイロライザー) を用いてポリマーを熱分解し、熱分解によって生じる揮発生成物をガスクロマトグラフ / 質量分析装置 (GC/MS) により直接分析するアプローチを研究している。

今年、本講座では、オンライン紫外線照射 / Py-GC/MS (UV/Py-GC/MS) と呼ばれる、熱分解 -GC/MS (Py-GC/MS) に紫外線照射装置を組み合わせたシステム (Fig.1) を用いて、太陽電池封止材をパイロライザー内で加速劣化させ、その劣化生成物を GC/MS によりその場分析することに成功した。太陽電池封止材のみならず、様々な高分子材料の紫外線劣化機構の解明に貢献するパワフルな分析手法として、今後大きく期待される。本研究成果は、Elsevier の Polymer

Combined UV-irradiation and Py-GC/MS approach for evaluating the deterioration behavior of PV encapsulant

Pyrolysis is considered a promising method for polymer characterization (in the field of analytical pyrolysis) and chemical feedstock recovery from polymeric wastes (in the area of applied pyrolysis) because it can decompose any polymeric material into smaller molecules by applying heat alone in an inert atmosphere. Pyrolysis-gas chromatography (Py-GC) involves pyrolyzing polymeric materials in a micro-pyrolyzer and a subsequent direct GC analysis of pyrolyzates. Py-GC has immense potential for applications in the fields of analytical and applied pyrolysis because it allows rapid and accurate analysis of pyrolyzates. This is beneficial for elucidating the microstructure and composition of polymers and for rapid screening of pyrolysis conditions for designing feedstock-recycling processes.

We employed a micro-UV irradiator combined with Py-GC/MS (UV/Py-GC/MS) (Fig.1). This system facilitates the UV irradiation of the samples inside the pyrolyzer at the desired temperatures and gas flow rates, and the subsequent analysis of the deteriorated samples by Py-GC/MS or evolved gas analysis (EGA)-MS. Furthermore, it facilitates the simultaneous UV

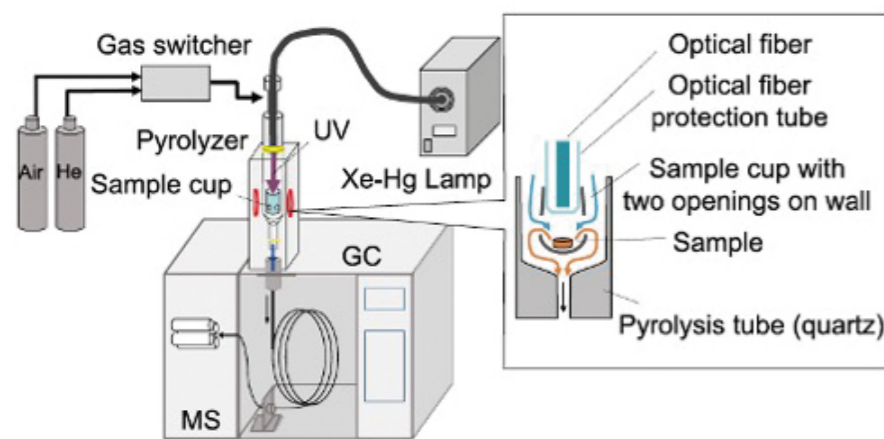


Fig.1 Schematic illustration of UV/Py-GC/MS system.

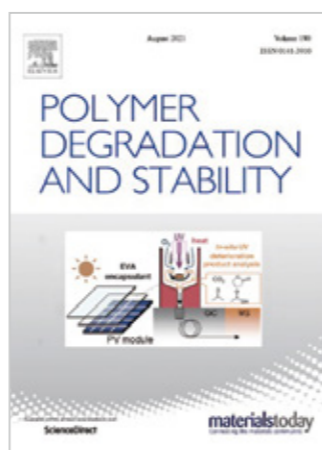
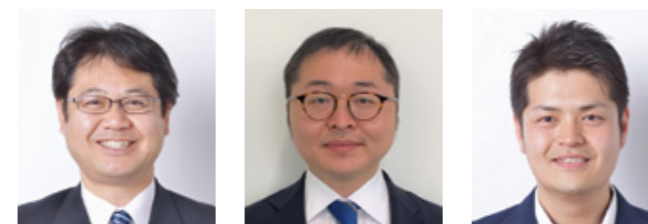


Fig.2 Selected journal cover image by Polymer Degradation and Stability



教授 吉岡 敏明
Professor (兼務)
Toshiaki Yoshioka

准教授 渡辺 壱
Associate Professor
Atsushi Watanabe

助教 熊谷 将吾
Assistant Professor (兼務)
Shogo Kumagai

Degradation and Stability 誌へ掲載され、本研究のイメージが volume 190 (2021 年 8 月号) の表紙を飾った (Fig.2)。なお、本研究成果は、同研究科吉岡研究室および環境循環政策学分野 (DOWA ホールディングス寄附講座) との共同成果である。

国際セミナー「Polymer Characterization by Analytical Pyrolysis Technology」の開催

熱分解法は、環境科学、材料科学、生物学、薬学、法科学、考古学、食品科学、地質学など、非常に幅広い分野に活用されている手法である。本年は、2021 年 4 月 30 日に、国際セミナーとして、Research & Innovations WEBINARS “Polymer Characterization by Analytical Pyrolysis Technology” をフロンティア・ラボ株式会社が主催し、熊谷助教が「Characterization of Engineering Plastics using Pyrolysis under Helium, Air and UV」と題して講演を行った (Fig.3)。ウェビナーの講演動画はフロンティア・ラボの YouTube チャンネルにて現在公開中であり (<https://www.youtube.com/watch?v=7cTlY4qeTck&t=1628s>)、高分子材料の熱分解分析における熱分解 -GC/MS のアプリケーションや研究開発の最前線を学ぶことが可能。

査読付原著論文

- [1] **S. Kumagai*** and **T. Yoshioka**, “Latest Trends in Pyrolysis Gas Chromatography for Analytical and Applied Pyrolysis of Plastics”, *Anal. Sci.*, 37, 145 (2021). **Invited paper**
- [2] **S. Kumagai*** and **T. Yoshioka**, “Chemical Feedstock Recovery from Hard-to-Recycle Plastics through Pyrolysis-Based Approaches and Pyrolysis-Gas Chromatography”, *Bull. Chem. Soc. Jpn.*, 94, 2370 (2021). **Invited paper**
- [3] K. Yamada, **S. Kumagai***, T. Shiratori, T. Kameda, Y. Saito, **A. Watanabe**, C. Watanabe, N. Teramae, T. Yoshioka, “Combined UV-irradiation and pyrolysis-GC/MS approach for evaluating the deterioration behavior of ethylene vinyl acetate”, *Polym. Degrad. Stab.*, 190, 109623 (2021). **Journal Cover Picture**
- [4] T. Ishimura, I. Iwai, K. Matsui, M. Mattonai, **A. Watanabe**, W. Robberson, A.-M. Cook, H. L. Allen, W. Pipkin, N. Teramae, H. Ohtani, C. Watanabe, “Qualitative and quantitative analysis of mixtures of microplastics in the presence of calcium carbonate by pyrolysis-GC/MS”, *J. Anal. Appl. Pyrolysis*, 157, 105188 (2021).

irradiation of the samples in the pyrolyzer and the in situ analysis of the gases evolved during UV irradiation using GC/MS. This work was published in Polymer Degradation and Stability, and the image of this system was selected as a cover image of this journal (Fig.2).

Hosting an International Webinar: “Polymer Characterization by Analytical Pyrolysis Technology”

Pyrolysis is widely applied in broad fields, such as environmental, biological, medical, forensic, cultural heritage, food, geochemical, polymer, and materials science.

Frontier Laboratories Ltd. held an international webinar, “Polymer Characterization by Analytical Pyrolysis Technology,” on 30 April 2021, and Dr. Shogo Kumagai delivered a lecture, “Characterization of Engineering Plastics Using Pyrolysis under Helium, Air and UV” (Fig.3). The lecture video has been uploaded on the F_Lab’s YouTube channel (<https://www.youtube.com/watch?v=7cTlY4qeTck&t=1628s>). The lecture provided the latest trends in Py-GC/MS for analytical pyrolysis of engineering plastics.

招待講演

- [1] **A. Watanabe**, “A new searching algorithm for identification and quantification of environmental microplastics by Py-GC/MS”, *International Symposium on Environmental Microplastics*, November 10, 2021.
- [2] **熊谷将吾, 吉岡敏明**, “プラスチックリサイクルのための熱化学的変換および化学的分離アプローチ”, 第70回高分子討論会, 2021年9月8日
- [3] **S. Kumagai**, “Characterization of Engineering Plastics using Pyrolysis under Helium, Air and UV”, *Polymer Characterization by Analytical Pyrolysis Technology*, April 30, 2021.



Fig.3 Research & Innovations WEBINARS “Polymer Characterization by Analytical Pyrolysis Technology”