

# 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.

### 高圧タンデム $\mu$ -リアクター-GC/MS システムを活用し、リグニンから石油化学基礎製品の (BTX) 回収量向上に成功

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) を用いてプラスチックやバイオマス等の高分子を熱分解し、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、フロンティア・ラボ株式会社で開発した高圧タンデム  $\mu$ -リアクター-GC/MS (Fig.1) を活用し、ゼオライト触媒 (HZSM-5) 共存下において、リグニンの水素化分解を高圧下で実施し、石油化学基礎製品である BTX の回収量が向上可能であることを見出した (Fig.2)。本成果は、Daegu University (Korea) の Prof. Young-Min Kim, Chongqing University (China) の Dr. Chuan Ma, および同研究科吉岡研究室との共同成果として、Chemical Engineering Journal 誌 (Impact Factor 15.1) に掲載された。

### PYROASIA2023 国際会議の共催

フロンティア・ラボが Co-organizer として、2023 年 6 月に PYROASIA Symposium 2023 (Kuala Lumpur, Malaysia) (Fig. 3) を開催し、本講座の吉岡教授および熊谷准教授が International Advisory Member として会議運営に貢献した。

### 分析化学関連の学会やイベントにおける多数の講演

今年は、熱分解ガスクロマトグラフィー (Py-GC) に関する数多くの講演を、分析化学に関連する学会やイベントにおいて実施した。Py-GC の高分子分析における役割や活用分野、更にはプラスッ

### Production of BTX via High-Pressure Catalytic Hydrolysis of Lignin Using HZSM-5 Zeolites

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 microreactor and a subsequent direct GC analysis of pyrolyzates. Py-GC has immense potential for applications in the fields of analytical and applied pyrolysis, as it allows for 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.

This year, we employed a developed system, high-pressure tandem micro-reactor-GC/MS (High-Pressure TR-GC/MS; Fig. 1) for a high-throughput investigation of high-pressure catalytic reactions at desired

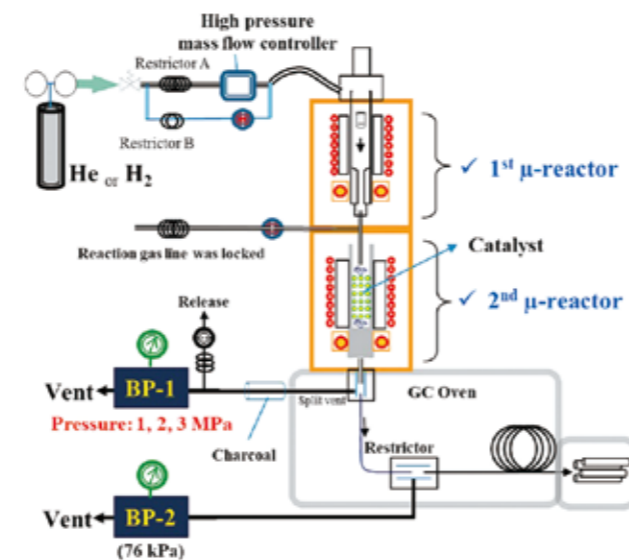


Fig. 1 Schematic illustration of high-pressure tandem reactor interfaced with gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) system.



教授 吉岡 敏明  
Professor (兼務)  
Toshiaki Yoshioka



准教授 渡辺 壱  
Associate Professor  
Atsushi Watanabe



准教授 熊谷 将吾  
Associate Professor (兼務)  
Shogo Kumagai

クやバイオマス等高分子廃棄物の化学原料化プロセス開発における Py-GC の役割やこれからの可能性について講演を実施し、本講座のアクティビティならびに研究開発分野の発展性について多くの皆さんに情報発信することができた。

### 招待講演

- [1] 熊谷将吾, 「プラスチックリサイクルにおける熱分解分析の役割」, 令和4年度分析イノベーション交流会 (2023/1/17)
- [2] 熊谷将吾, 「プラスチックリサイクルにおける機器分析の役割」, JASIS2023 -最先端科学・分析システム&ソリューション展- (2023/9/6)
- [3] 熊谷将吾, 「プラスチックのケミカルリサイクルプロセス開発への熱分解ガスクロマトグラフィーの応用」, 第385回ガスクロマトグラフィー研究懇談会特別講演会 (2023/11/30)
- [4] Atsushi Watanabe, "Analysis of microplastics in airborne particulate matter using pyrolysis-GC/MS", The 20th China Symposium on Analytical and Applied Pyrolysis (2023/11/18)

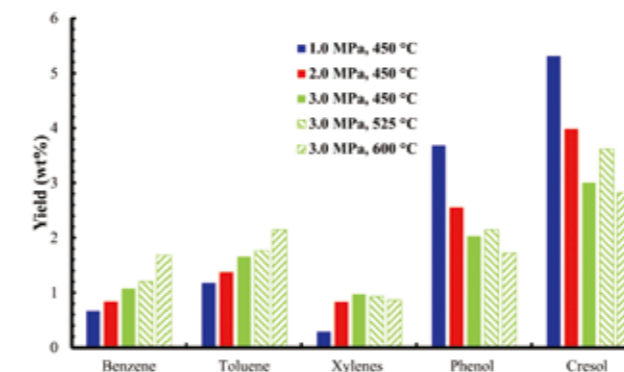


Fig. 2 Products distribution obtained by high-pressure catalytic hydrolysis of lignin.



Fig. 3 Logo of the PYROASIA Symposium 2023

conditions. We revealed that benzene, toluene, and xylene (BTX) production from lignin was enhanced by high-pressure hydrolysis in the presence of an HZSM-5 catalyst (Fig. 2). This work was published in *Chemical Engineering Journal* (Impact Factor 15.1), and the paper was published by the collaboration with Prof. Young-Min Kim (Daegu University, Korea), Dr. Chuan Ma (Chongqing University, China), and Yoshioka Laboratory in GSES.

### Co-organizing PYROASIA2023 conference

Frontier Laboratories Ltd. co-organized an international symposium, "PYROASIA Symposium 2023," held at Kuala Lumpur in Malaysia. From this laboratory, Prof. Yoshioka and Assoc. Prof. Kumagai were involved as International Advisory Members and strongly contributed to the management of the conference.

### Privilege of Presenting Research Activities in Scientific Conferences and Events

We had the privilege of presenting about pyrolysis-gas chromatography (Py-GC) in analytical and applied pyrolysis fields in analytical chemistry-related scientific conferences and events. These excellent opportunities showcased this laboratory's high activity and emphasized the future potential of Py-GC techniques.

### 原著論文

- [1] C. Ma, S. Kumagai, A. Watanabe, C. Watanabe, N. Teramae, T. Yoshioka, Y. M. Kim, "Thermal and catalytic fast hydrolysis of lignin: Optimization for selective production of aromatics using high-pressure tandem  $\mu$ -reactor - gas chromatography/mass spectrometry", *Chemical Engineering Journal*, 479, 147524 (2023).
- [2] H. Mizuguchi, H. Takeda, K. Kinoshita, M. Takeuchi, T. Takayanagi, N. Teramae, W. Pipkin, K. Matsui, A. Watanabe, C. Watanabe, "Direct analysis of airborne microplastics collected on quartz filters by pyrolysis-gas chromatography/mass spectrometry", *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 171, 105946 (2023)