

東ソー・環境エネルギー賞

京都大学 准教授 永木 愛一郎 氏

Aiichiro Nagaki

(業績)「マイクロリアクターの特長を活かした環境調和型の精密 高速合成化学」

Environmentally Benign Flash Synthetic Chemistry Using Flow Microreactors



地球環境を守り発展させるための合成技術が、21 世紀の夢のある持続可能な社会の実現において強く求められている。クリーンで環境と調和する合成技術の確立には、環境に負荷を与えない合成・反応、その工業化プロセス技術の開発が必要不可欠である。永木愛一郎氏は、生体反応・合成システムから学び、フロー型の微小空間の高次反応場を精密にデザイン、活用することにより、環境調和型の精密高速合成化学の開発や、生産プロセス技術に展開した。内部の大きさがマイクロメートルオーダーのフロー型の反応器(フローマイクロリアクター)を使って、フラスコなどのマクロ空間では実現困難な精密反応場を構築し、望みのものだけを選択的に、高速反応を利用して極めて短時間で合成を可能にするなど、フラスコ化学の常識を覆す新手法の開発に成功した。以下に同氏の研究業績の概要を示す。

1. ほしいものを選択的につくる合成法

高速マイクロ混合の特長を活かすことにより、高速な競争的逐次反応において、フラスコでは達成不可能な高選択的反応を実現できることを、世界に先駆けて実証した。速い反応では速度論が成り立たず物質・熱移動支配になり、バッチ型反応器においては生成物の選択性が低下する。マイクロ空間での拡散時間が短いことに基づく高速マイクロ混合を利用することにより、そのような反応でも速度論に基づいた反応選択性を実現でき、生成物の選択性を飛躍的に向上させることができる。さらに、分子内の競争的パラレル反応の選択性制御にも適応可能な手法である。

2. 極低温を必要としない合成法

不安定中間体を經由する反応の多くは、従来のバッチ型反応器では、極低温条件下で行う必要がある。さらに、中間体の寿命が非常に短い場合には、極低温条件下でさえ、反応に利用する前に分解してしまう場合も少なくない。同氏はこの問題点を「時間を空間で制御する合成化学」という新しい方法論で解決した。マイクロリアクターを使って、短寿命の中間体を素速く発生させ、それが分解する前に短時間で別の場所に移動させ、続く反応剤と反応させるアプローチである。本手法により、より扱いやすい温度での反応を実現できる。省エネルギー・低コストにつながる理想的な環境調和型合成プロセスの構築を可能に

する新手法である。

3. 保護基を必要としない合成法

上記の「時間を空間で制御する合成化学」のコンセプトを積極的に活用して、滞留時間を極めて短くすることにより、求電子性官能基を有する有機リチウム中間体を保護することなく素速く発生させ、求電子剤との反応に利用できることを見出した。マイクロリアクターを用いた保護基を必要としない環境調和型合成プロセスは、連続的に溶液を流しながら生産を行うことができる(フロー合成)。従って、年間トンオーダーの製造も可能であり、医薬やファインケミカルズなどの工業的製造への応用も期待される。

4. 工業的製造を志向した環境調和型アニオン重合プロセスの開発

アニオン重合系の多くは、極低温条件の利用、複雑な構造の装置の利用などの問題により、生産プロセスへの移行が難しい。同氏は、アニオン付加重合の精密制御に、マイクロリアクターが極めて効果的であることを見出した。極性溶媒中でのスチレン類やアルキルメタクリレート類のアニオン重合が、0 °C で反応制御できる。また、アニオン重合反応後のリビング生長末端を連続的に次の反応に利用することにより、ブロックポリマーや末端官能基化ポリマーやテレケリックポリマーなどの精密構造制御ポリマーの環境調和型アニオン重合も実現可能となる。さらに、フローアニオン重合システムの構築により、数 10 kg の連続生産を実証した。本手法を利用した環境調和型フローアニオン重合の工業的製造への応用が期待されている。

以上のように永木愛一郎氏は、マイクロリアクターを用いた精密高速合成化学に関して極めて独創的な研究を行い、環境調和型の精密有機合成や高分子合成プロセスの開発を実現した。フローマイクロリアクターの特長を活かすことにより、超低温などを必要とせず望む化合物を選択的につくる合成法や、保護基を必要としない直截的な合成法を提供するとともに、工業的製造への展開が可能であることを実証し、グリーンサステイナブルケミストリーなど、環境・エネルギー分野における寄与も大きい。よって、同氏の研究業績は有機合成化学協会東ソー・環境エネルギー賞に値するものと認め、ここに選定した次第である。