第４回グリーン・サステイナブル ケミストリー賞
経済産業大臣賞

生島　豊　氏　　川波　肇　氏
産業技術総合研究所超臨界流体研究センター

「超臨界流体を利用した環境調和型化成品製造技術の創成」

従来、有機合成では、生産性向上のために、強酸、強塩基、有機金属錯体、あるいは種々の金属触媒、有機溶媒などが使用されてきた。これらの化合物は有害なものが多く、またこれらの使用は副生成物の生成や、反応後の処理・分離精製工程で余分なエネルギーや資源の投入を必要とし、環境負荷の増加に繋がっていた。本研究では、超臨界水や超臨界二酸化炭素が、反応媒体、触媒、原料として利用され、これにイオン性液体、マイクロエマルジョンが添加された多相系反応場や、これらとマイクロ空間での反応が組み合わされた“ハイブリッド反応場”が開発された。本開発により、有害な化合物や有機溶媒を一切使用・排出することなく、高速でかつ高選択的な反応が実現されている。このことより、「超臨界水がブレーンステズ、ルイス型の酸および塩基の両機能を発現する」ことが初めて明らかされ、“超臨界水無触媒有機合成技術”が実証された。水は、安全、安価で、最も環境に優しい溶媒なので、革新的な環境調和型製造技術として特筆される。超臨界二酸化炭素の利用の系でも、有機溶媒フリーでグリーンな、省エネルギーを実現した有機合成技術が確立された。

ナイロン６の原料モノマーであるカプロラクタムは、シクロヘキサノンオキシムのベックマン転位反応で製造されているが、既存の方法では濃硫酸を用いることや、硫安を副生成物として大量に生成する欠点を有している。本技術では、“超臨界水―マイクロ空間反応ハイブリッド”が考案・開発され、原料が瞬時に超臨界状態にまで昇温されることにより副反応が抑制でき、カプロラクタムを高収率、高速で合成できる技術開発に成功している。

一方、本技術は、従来の石油系原料代替技術として、超臨界二酸化炭素を反応媒体としてだけではなく、原料としての利用にも展開されている。すなわち、「超臨界二酸化炭素－イオン性液体」の多相系反応場が考案され、有毒なホスゲンを使用しなくても、二酸化炭素の固定化によるカーボネートやウレタンが超高速、高収率で合成されることが見出された。

更に、「超臨界二酸化炭素－AOT マイクロエマルジョン」の多相系ナノ反応場が開発され、種々の量子ドット金属ナノ粒子合成に初めて成功し、無機化合物製造にも新境地を拓いている。特に、二酸化炭素中でも AOT 逆ミセル分散系が構築され、平均粒子径は 5.9㎚ の極めて良好な硫化銀シングルナノ粒子の形成に、初めて成功している。

本技術は、新しい環境調和型有機化合物及び無機微粒子の製造技術として、国際的にも高く評価され、化学工業の発展に大きく貢献することが期待されている。有害な溶媒や触媒を使用・排出せず、人と環境に対する影響を著しく低減できることから、次世代に向けた“夢の化成品製造技術”と言える。