

環境調和型化学プロセスの開発

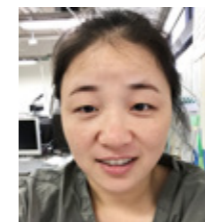
Green Process Development



教授 スミス・リチャード
Professor
Smith Richard Lee Jr.



教授 渡邊 賢
Professor (工学研究科・兼任)
Masaru Watanabe



助教 郭 海心
Assistant Professor
Haixin Guo

我々が持続可能な生活を送るために必要となるエネルギーの全ては、地球に降り注ぐ太陽エネルギーによって賄うことができる。水と二酸化炭素を使って、地球環境に優しくクリーンな化学プロセスを開発することは可能である。圧力と温度を制御することで水と二酸化炭素は有機溶媒に近い性質を発現できるため、プロセスの高効率化や環境負荷の軽減を達成することが可能となる。私たちの研究室では、環境調和型溶媒である「水」「CO₂」「イオン液体」を研究の中心に据え、バイオマス変換、材料合成、廃棄物のリサイクル、合成化学、高分子加工及び分離プロセスを研究しています。また、化学工学的な視点から、プロセスの高効率化に向けた基礎物性の測定やモデル化などにも取り組んでいます。

Solar energy provides all the energy that our society needs for sustainable living. Water and carbon dioxide can be used to develop chemical processes that are clean and friendly to our environment. In the supercritical state, both water and carbon dioxide can be made to mimic the properties of many organic liquids that provide both performance and advantages and environmental benefits. With these solvents, our laboratory studies biomass conversion, material synthesis, waste recycling, synthetic chemistry, polymer processing and separation processes.

太陽エネルギーにより、年間 950 億トンの炭素循環が可能となる。このエネルギーのうちわずか 10% を利用するだけで、人類は自然と調和した持続可能な生活を送ることができる。水と二酸化炭素、特にそれらの超臨界状態を利用することで、低環境かつクリーンな化学プロセスを構築できる (Fig.1)。

The energy from the sun can drive 95 billion tons of carbon a year. Using only 10% of this solar energy, we can live a sustainable life in harmony with nature. Both water and carbon dioxide, especially in the supercritical state, can be used to develop chemical processes that are clean and friendly to our environment (Fig.1).

水と二酸化炭素 (CO₂) は、超臨界状態において有機溶媒に近い性質を持ち、操作性と環境調和性の双方に優れた溶媒となる (Fig.2)。化学プロセスの例としてバイオマス分解、材料合成、廃棄物リサイクル、

Supercritical water and carbon dioxide (CO₂) have properties close to those of organic solvents, which are excellent in both operability and environmentally friendly (Fig.2). Such chemical processes include biomass conversion, material synthesis, waste recycling, synthetic

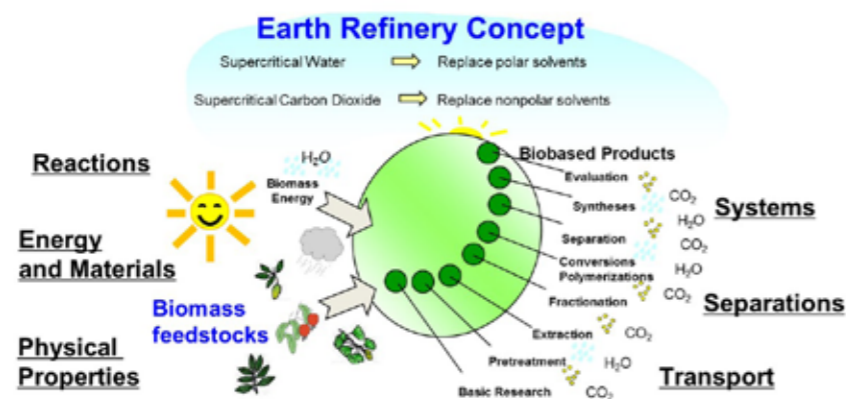


Fig.1 Development of Sustainable Products and Systems.

合成化学、高分子加工がある。例えば当研究室では、イオン液体と超臨界 CO₂ を用いたセルロース系バイオマス (セルロース、ヘミセルロース、リグニン) の反応・分離プロセス (Fig.3) を検討している。イオン液体にバイオマスを溶解・反応させ、温度・圧力を操作することで超臨界 CO₂ の物性を操作し、選択的に反応生成物の反応・分離を行うものである。イオン液体は蒸気圧が極めて低いため大気への飛散の恐れが小さく、環境調和型プロセスとして期待される。

chemistry, and polymer processing. For example, our laboratory studies the reaction and separation process of cellulose-based biomass (cellulose, hemicellulose, and lignin) using supercritical CO₂ combined with ionic liquids (Fig.3). The reaction and separation of biomass dissolved in ionic liquids can be controlled by manipulating physical properties of supercritical CO₂ using temperature and pressure. Ionic liquids can be easily separated and recovered after the reaction due to their extremely low vapor pressure, and therefore they are attractive as alternative environmentally friendly solvents.

当研究室では、主に環境調和型の溶媒を用いた化学システムおよび化学プロセスの開発に関して研究を進めている。その多くが超臨界流体、特に超臨界 CO₂ と超臨界水の特長を利用するものである。具体的には、高温高圧水中でのバイオマス・プラスチック・炭化水素・重質油の改質反応、水熱合成による無機複合酸化物微粒子の合成、ハイドレート形成を利用した効率的な水素貯蔵システムがある。これらの研究は、世界中の大学等との共同研究としても行っている。

Our laboratory conducts research and development of chemical systems and chemical processes mainly using environmentally friendly solvents such as supercritical fluids, especially carbon dioxide and water. Our research topics are reforming of biomass, plastics, hydrocarbons, and heavy oil in high-temperature and high-pressure water, synthesis of fine inorganic oxide particles by hydrothermal synthesis, and development of hydrogen storage in clathrate hydrates. We now collaborate with researchers around the world.

2017年の活動 (国内)

- 3月 化学工学会 第83回年会、大阪
- 5月 石油学会第61回年会、東京
- 8月 第27回日本エネルギー学会大会、東京
- 12月 中国科学院、Dr. Chen Lin (研究室訪問)
- 12月 University of Bordeaux, Prof. Sakir Amiroudine and Assistant professor Arnaud Erriguible (研究室訪問)

Activities in 2018 (Overseas)

- August 6th International solvothermal and Hydrothermal Association Conference (ISHA2018), Sendai
- September 8th International Symposium on Molecular Thermodynamics and Molecular Simulation, Narashino
- November Nanjing Agricultural University, Prof. Fang Zhen, Nanjing, China

Publications

- [1] Li, H., Smith, R.L., Solvent take control, Nature Catalysis, 2018, 1, 176-177.
- [2] Guo, H., Duereh, A., Hiraga, Y., Qi, X., Smith, R.L., Mechanism of Glucose Conversion into 5-Ethoxymethylfurfural in Ethanol with Hydrogen Sulfate Ionic Liquid Additives and a Lewis Acid Catalyst, Energy and Fuels, 2018, 32, 8411-8419.
- [3] Duereh, A., Guo, H., Honma, T., Hiraga, Y., Sato, Y., Smith, R.L., Inomata, H., Solvent Polarity of Cyclic Ketone (Cyclopentanone, Cyclohexanone): Alcohol (Methanol, Ethanol) Renewable Mixed-Solvent Systems for Applications in Pharmaceutical and Chemical Processing, Ind. Eng. Chem. Res., 2018, 57, 7331-7344.
- [4] Duereh, A., Sato, Y., Smith, R.L., Honma, T., Correspondence between Spectral-Derived and Viscosity-Derived Local Composition in Binary Liquid Mixtures Having Specific Interactions with Preferential Solvation Theory, J. Phys. Chem. B., 2018, 122, 10894-10906.
- [5] Guo, H., Hiraga, Y., Qi, X., Smith, R.L., Hydrogen gas-free processes for single-step preparation of transition-metal bifunctional catalysts and one-pot γ -valerolactone synthesis in supercritical CO₂-ionic liquid systems, J. Supercrit. Fluids, in press.

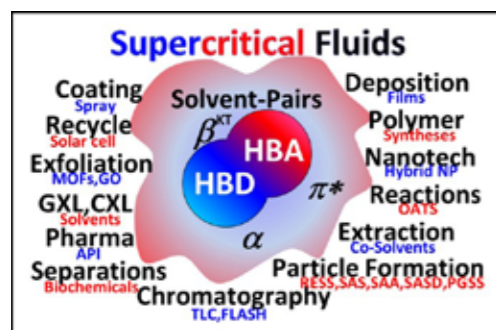


Fig.2 Supercritical Fluids

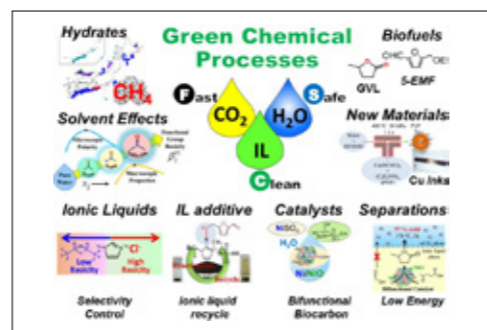


Fig.3 Green Chemical Process



Goal!



Try!



Learn!