

水と CO₂ を溶媒とした機能性分子集合体の形成と高効率ナノ材料製造等将来技術への応用

鷲坂将伸（弘前大院理工）

1. 諸言 CO₂ は、穏和な条件（304.2 K, 72.8 atm）に臨界点があり、超臨界流体となった CO₂ はヘキサンに似た極性を持つ。無毒、不燃性、低コスト、豊富に存在するといった CO₂ 本来の利点もあり、抽出、めっき、発泡、洗浄、反応における VOC の代替溶媒としての利用されている。超臨界 CO₂ に対して界面化学のメスを入れ、水などの分散相や分子集合体を形成できれば、CO₂ だけでは発現できない表情豊かな性質を付与させることができ、社会的要求でもある省エネルギー・環境調和型プロセスがより広範に達成される。本講演では、超臨界 CO₂ 中で形成される分子集合体の挙動と性質を述べ、そこから提案される将来技術を紹介する。

2. 超臨界 CO₂ 中での分子集合体の形成挙動 ナノサイズの水滴を逆ミセルにより超臨界 CO₂ 中に分散させたものは、W/CO₂ マイクロエマルジョン(図 1, W/CO₂μE と略記)と呼ばれる。この形成には水/CO₂ 界面張力を 1mN/m 以下まで低下させなければならない。したがって、圧力 (CO₂ の密度) を低下させると、界面張力が大きくなり、ある圧力からマクロエマルジョン相(図 1-b)となる。図 1-b' はマクロエマルジョン液滴の顕微鏡像である。図 1-b の状態で攪拌を止めると、徐々に水相が析出し、上層の CO₂ 相は透明な外観を取り戻す(図 1-c)。限界圧力から 80bar ほど低圧力では、図 1-d のように界面活性剤も析出した。このような W/CO₂μE から界面活性剤析出相までの状態変化は、圧力操作により可逆的に起こり、早ければ数秒から数分程度で移り変わる。

3. 超臨界 CO₂ 中での分子集合体の応用 以上に述べた圧力による可逆的な相転移は、応用において材料の浪費のない循環型技術の礎となる。例えば、W/CO₂μE をナノリアクターとした場合(図 2), W/CO₂μE 中で超微粒子を合成した後は、圧力を低下させて水相を析出させ(図 1-c), 水とともに超微粒子を界面活性剤/CO₂ 相から回収できる。一方では、残った界面活性剤/CO₂ 相は、合成に再利用可能となる。このような、単純な圧力操作および分液操作のみで界面活性剤と CO₂ を循環して再利用できるシステムは珍しく、省資源・省エネルギー化に貢献でき、抽出、洗浄、反応などでも同様に提案できる。

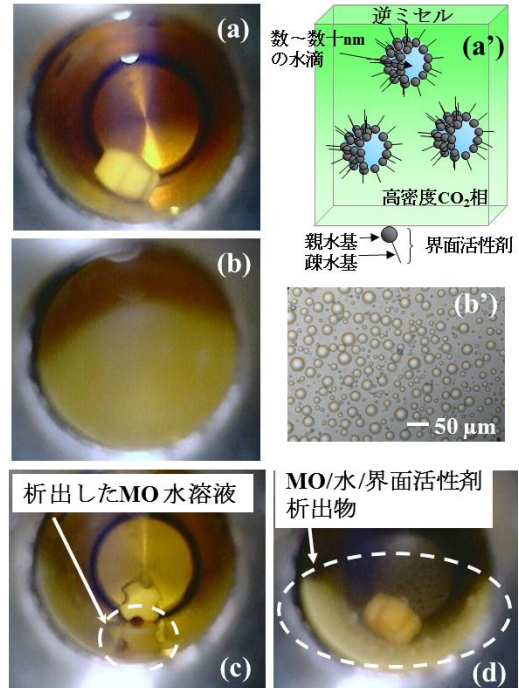


図 1 (a-d)メチルオレンジ(MO)水溶液/超臨界 CO₂/CO₂ 溶解性界面活性剤(20 mM)混合物の外観。(a) W/CO₂μE, (b) 相転移圧力以下の白濁したマクロエマルジョン相, (c) (b)の攪拌停止後に現れる水/CO₂ の二相分離状態, (d) 相転移圧力から 80bar 以上低圧力で現れる界面活性剤析出相。(a') (b')は、W/CO₂μE の模式図とマクロエマルジョン相の光学顕微鏡像

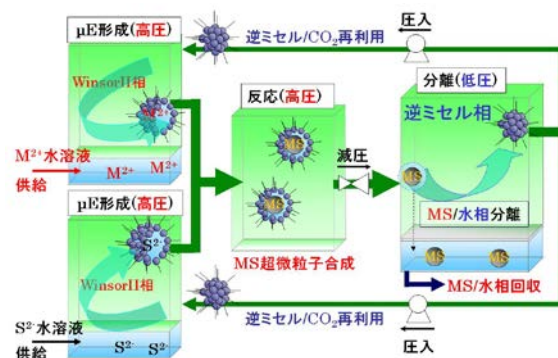


図 2 圧力による W/CO₂μE の形成—崩壊制御を利用した材料循環型超微粒子連続製造技術