

2009年度 GSC賞 経済産業大臣賞

## 亜臨界水を応用した低環境負荷な界面活性剤合成プロセスの実用化

### Industrialization of surfactant production process synthesized with subcritical water

花王株式会社 加工・プロセス開発研究所 白沢 武

亜臨界状態の水を応用して、アルキルグリセリルエーテル（AGE）と呼ばれる界面活性剤の合成プロセスの工業化に成功した。AGEは食器用洗剤、シャンプーや皮膚洗浄剤などの製品に幅広く使用されているが、従来の製造技術では反応において触媒や溶剤を必要とし、精製過程で廃棄物が多く発生してしまう環境側面での課題があった。これに対して、水という安全な物質を触媒、溶剤、反応物質と多機能に活用して触媒や溶剤を用いない合成を行うと共に、水や熱エネルギーを効率的に利用したプロセスを確立した。今後、本亜臨界水をはじめとして環境効果の高い反応流体の応用が期待される。

アルキルグリセリルエーテル（AGE）は、保湿性、増泡性、生分解性に優れた界面活性剤であり、化粧品や香粧品の家庭用製品に広く利用することができる。AGEの合成では、酸やアルカリを触媒としてグリシジルエーテルを水和する方法が一般的であり、必要により有機溶剤を加えて反応系を均相化することが行われている。しかし、反応物に残る触媒や有機溶剤を除去するための粗精製工程で廃棄物が多く発生する課題があった。

上記の課題に対し、亜臨界状態とした水を反応に利用する事で、室温の水に見られない特性（①誘電率の低下による有機溶剤的な溶解物性、②イオン解離の活性化による触媒作用の増大）を活かし、触媒や有機溶剤を必要とせず、廃棄物を低減した環境に優しい合成プロセスを確立した。

亜臨界水を用いたAGE合成反応では、水の濃度が反応性に大きく影響する特性が見出されている。反応速度が、水の濃度に2.7次で相関すると共に、逐次的に進行する2量化的副反応（図1）も抑制されることが確認された。本知見より、水を多く利用することで、反応性と収率を飛躍的に向上させることに成功した。

亜臨界水を利用したAGE合成反応の工業化では、流通方式の反応器を採用した。流通方式の利点として、精緻な反応時間制御が可能であり、量産に適することが挙げられる。反応管径を大きくしたスケールアップ検討では、反応する速度に対して、原料のグリシジルエーテルと亜臨界水との混合速度が追いつかないために、反応性が低下する傾向が認められた。これに対しては、ラボ反応管径と同サイズに縮流された空間を実機配管中に配置した縮流型混合器の採用によりラボと同じ反応性を再現することを可能としている。

工業化プロセスに水を多く使用するには、水、及び熱エネルギーの有効利用は不可欠である。水の再利用では、亜臨界状態の高温から温度を下げるこ

とでAGEと水を容易に油水分離で回収し、回収した水は逆浸透濾過で完全にAGEを分離した後に反応ヘリサイクルしている。また熱回収では、高温の反応物と低温の原料を向流接触する熱交換により、熱エネルギーを80%以上回収するプロセスを実施している。その結果、従来の触媒法と比較して、廃棄物の環境指標となるEファクターを3.5から1.2に、二酸化炭素排出の指標となるLCA評価を8.4kg-CO<sub>2</sub>/kg-AGEから6.4kg-CO<sub>2</sub>/kg-AGEに改善することができた。

図2に要約する本プロセスでは、一般に用いられる酸やアルカリ触媒はもとより、花王が独自に開発した高選択性を有する触媒と比較しても、収率面でも高く、また反応時間では9時間から3分と180分の1に低減できる効果を得ている。本技術は2005年より商業規模での設備導入を行い、現在まで安定な稼働を行い、商品に広く利用されている。亜臨界水による有機合成を工業的に確立した事例は少なく、実用化に求められる技術要素を確立した事で、今後の発展が大いに期待される。

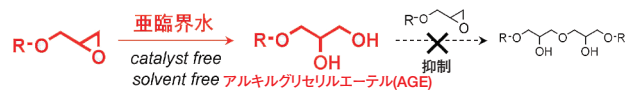


図1. 亜臨界水によるAGEの合成反応

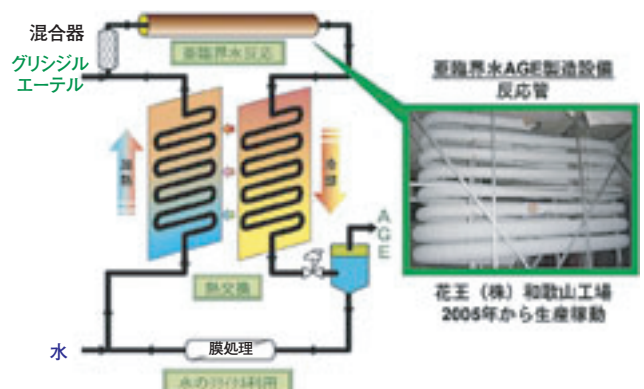


図2. 亜臨界水を用いたプロセスイメージ