

自己熱再生技術を用いたバイオエタノール蒸留の省エネルギー化

木内 崇文（きうち たかふみ）新日鉄住金エンジニアリング株式会社 技術開発研究所 マネジャー

要約 バイオエタノールはガソリン代替として利用できる液体燃料であり、主にアメリカやブラジルなどでとうもろこしやさとうきびを原料として生産され、世界での生産量は拡大を続けている。しかし、バイオエタノールの精製には蒸留プロセスが必要となり、このプロセスに多大な熱量が必要となるため、バイオエタノールはカーボンニュートラルとしての価値を損ねている。そこで本研究では、蒸留塔の塔頂の蒸気を圧縮することによりエクセルギーを再生させ、潜熱と顕熱を最大限に利用する「自己熱再生技術」を用いた、蒸留プロセスの省エネルギー化の検討を行った。本稿では、温度 - 熱量線図からの従来のエタノール蒸留に対する省エネルギー効果の検討とパイロットプラント規模での実証試験について紹介する。

1. はじめに

ガソリン代替として利用可能なバイオエタノールは、農業政策、地球温暖化対策、持続可能性、エネルギーセキュリティなどの観点から、アメリカやブラジルを中心として生産が急拡大し、2015年の世界における生産量は約9,700万kLと日本国内のガソリン消費量約5,000万kLを超えるほどになっている。また、現在のバイオエタノールの原料は、主にトウモロコシやサトウキビなど食料と競合するデンプン・糖系であるが、トウモロコシの茎葉（コーンストローバ）、サトウキビの絞り粕（バガス）、製紙用林地残材（ユーカリ）などセルロース原料を対象とした研究も進んでおり、今後バイオエタノールの生産はさらに拡大することが予想されている。こうした背景から当社ではNEDOプロジェクト「セルロース系エタノール革新的生産システム開発事業」を実施し、現在は環境省プロジェクト「未利用バイオマスを活用したエタノール製造システムの構築」を推進している。本論文では、デンプン・糖系、セルロース系に関わらずバイオエタノール製造プロセスで重要な蒸留工程に焦点をあてて、その省エネルギー化を目指した自己熱再生技術の開発について述べる。

2. エタノール蒸留プロセスの現状

バイオエタノールの製造プロセスを図1に示す。一

般にデンプンやセルロースなどのバイオマス原料を前処理したものに水と酵素を加えて単糖を得る糖化工程、酵母の働きにより糖をエタノールに転換する発酵工程、エタノール濃度数%の発酵液からエタノールを分離する蒸留・脱水工程から構成される。

このようなバイオエタノール製造プロセスにおいて、発酵して得られたエタノールを分離・精製する蒸留工程は重要な単位操作である。蒸留工程は、液体混合物を一度蒸発させ、後で再び凝縮させることで、沸点の異なる成分を分離・濃縮する操作である。エタノール蒸留においては、常圧でエタノールの沸点は79℃、水の沸点は100℃であることから、この温度差を利用してエタノールを数%含む発酵液に熱を加え、エタノール濃度が90%程度になるように濃縮する。しかし、この蒸留操作は、塔底のリボイラ等において蒸気などで熱を供給し、原料の液体混合物を一旦気相に変換するため、それを行うための蒸発潜熱を必要とする。

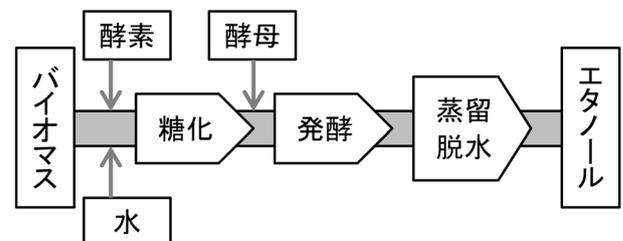


図1 バイオエタノール製造プロセスフロー

また、塔全体において物質移動のための気液接触を行わせた後、塔頂のコンデンサで蒸気から凝縮潜熱を奪って再び液相に戻す操作も必要となる。したがっ