

訪問日 2014年5月15日

東京大学 生産技術研究所 エネルギー工学連携研究センター 機械・生体系部門

甘蔗 寂樹 特任准教授

研究題名：流動層蒸発器におけるエクセルギー損失最小化のための基礎研究

### 東京大学・甘蔗先生を訪ねて

今年3月岐阜大学で開催された化学工学会年会でご挨拶させていただき、お話を聞くことを楽しみにしていた訪問でした。事前に準備したパワーポイント資料をベースに、自己紹介から自らの研究人生全てを掛けても余りある『エクセルギー損失最小化』技術への出会いと、熱意のこもったご説明でした。

研究題目は「流動層蒸発器におけるエクセルギー損失最小化のための基礎研究」であり、蒸発過程の伝熱によるエクセルギー損失を最小化すべく、熱交換の温度差を小さくするために、従来の熱交換方式（プレートフィン型、シェル&チューブ型など）に代わる流動層方式に挑戦した研究です。

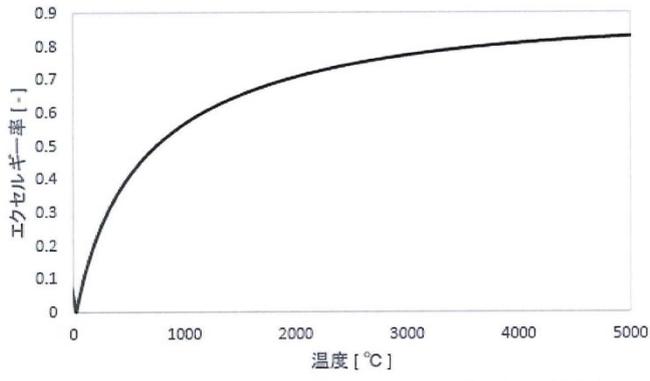
まず一般の方には余り馴染みが薄いエクセルギーの概念、エネルギーは保存されるがエクセルギーが低下するという説明からスタートしました。エクセルギーとエントロピー、エンタルピー、ギブスの自由エネルギーなど熱力学の基礎を、私にとっては今でも不得手なところを易しく説明していただきました。エクセルギーの概念を理解するのに、エクセルギーを温度との関係で示されました。すなわち、室温でエクセルギー率がゼロになり、絶対零度に近くなればその値は急激に増大し、絶対零度で無限大になる一方、高温側ではエクセルギー率は飽和する曲線になる。また、エクセルギーの損失が大きいプロセスは、化学エネルギーを熱エネルギー（燃焼熱）に変換する過程と、その熱エネルギーを熱媒体に伝える過程です。従って、エクセルギーを最小にするには、燃焼プロセスを用いないこと、熱交換プロセスの工夫が必要となります。

甘蔗先生らは、熱伝達におけるエクセルギー損失を最小化する手段の一つとして自己熱再生を提案し、それを実現する手段の一つとして『圧縮』を使うというものです。エクセルギーの概念そのものは分かりやすいが、その損失を最小化する具体的な手段は難しいと感じました。両者の熱交換媒体の温度差を常に最小にすることと、媒体の熱容量の差を最小にすると説明されました。熱容量の差を最小にする手段として熱交換媒体を圧縮することが有効であり、自己熱再生に必要なエネルギーとエクセルギー損失の理論値がほぼ一致することを、ガス流体と相（蒸気/液体）変化する流体で証明されました。先生が強調されていたのは、自己熱再生とヒートポンプとの違いで、しばしばヒートポンプと同じではないと言われるからです。ヒートポンプは別に熱源を持ち、熱媒体を圧縮・凝縮させる際の凝縮温度との温度差が大きい。自己熱再生技術とは、流体自身を圧縮機で昇圧、昇温することで潜熱、顕熱すべての熱を循環することで、熱交換時の熱伝達におけるエクセルギー損失を最小化し、エネルギー消費量を大幅に削減する技術とのことでした。

説明後に、実験室を見学させてもらい、シリカ砂を使った流動層実験装置の他、圧縮にかわる流体のエクセルギーを再生させる手段として磁場の有無による強磁性体の磁性を制御することによるエントロピー変化を使った自己熱再生の実験装置などを見学しました。スピンの制御をエネルギー分野への利用とした新たな挑戦にも期待したいと思います。

熱交換によるエクセルギー損失という問題意識を熱力学の原点に立ち返り、熱の有効利用を考え直す機会となる訪問でした。熱は産業用から身近な低温熱まで幅広く使われている割には、その有効利用の技術は余りにも顧みられていないのが現実と思いました。先生の研究が大きく発展することを期待します。

（2014年5月15日訪問 技術参与 飯塚）



窒素を媒体とした熱の温度とエクセルギー率の関係



流動層蒸発実験装置



中央が昔蔗先生、右端が水野氏(博士課程学生)