

## ■低温技術夏合宿の代替講座

2012年度から開催している低温技術夏合宿「77K 小型冷凍機を作ろう」は、昨年度に引き続き今年度も止むを得ず中止とした。本合宿はこれから低温技術の分野に入門する新人、入門して間もない若手の方達を対象に、低温技術に詳しい講師の講座、並びに冷凍機の組み立て、そして低温実験を体験できる貴重な機会であると考えている。そのため2年続けて単に中止とすることは忍びなく、今回の代替講座を開催するに至った。

実際に装置に触れて組み立てることに勝る学習は無いが、少しでも冷凍機のことを知って頂きたいとの思いで、今日応用が進んでいる気体式小型冷凍機シリーズであるギフォードマクマホン(GM)冷凍機と、パルス管(PT)冷凍機に関して筆者を含む2名の講師による半日の講座を実施した。冷凍部会の委員を除いて、大学、一般企業から35名の多数の方々に出席いただき開催することができた。

GM 冷凍機の原理と応用例の講座に関しては、特に MRI 冷却用途に広く使われている 4KGM 冷凍機を対象とし、設計の要所と 4 K レベルの冷却に特有の困難さを短い時間ではあるが説明した。以下ポイントを述べておく。

一般的にガスの膨張を利用した小型冷凍機の設計においては、要求される冷凍性能から膨張仕事量を決定し、膨張機のサイズを決める。膨張仕事が全て冷凍能力として利用できるわけではなく、ここから種々の冷凍損失が発生し最後に残った分が冷却に利用できる分となる。代表的な GM 冷凍機の損失に、蓄冷器損失、固体熱伝導損失、輻射熱損失、シャトルヒート損失等がある。このうち初めの3つは蓄冷式の冷凍機であれば GM 冷凍機でなくても存在する。シャトルヒート損失はディスプレイサー駆動方式の冷凍機に特有の損失であり、特にシリンダー内のガスギャップが狭い領域では固体の熱拡散まで考慮した見積もりを行わないと精度が悪い。また 4 K の極低温を得るための注意点として、蓄冷材の比熱の大幅な減少と相反して作業ガスである He の比熱の大幅な増加が蓄冷器の設計を困難にしていること、4 K 領域では作業ガスの非理想性が大きくなり圧力変動による膨張仕事が得にくくなる注意点があることを紹介した。短い時間ではあったが、GM 冷凍機の設計に取り組む際に切り口となる最初の一手を示すことが出来たのであれば幸いである。

後半の部は、東京農工大学の上田先生からパルス管冷凍機の熱音響的な考え方にフォーカスした講座内容を説明頂いた。一昔前から我が国の低温工学冷凍機開発は活況であり、特にパルス管冷凍機の開発の歴史に関して詳しく聞くことができ、筆者も大変興味深く拝聴することができた。パルス管冷凍機はスターリング冷凍機や GM 冷凍機と異なり、膨張空間の実態がないことが理解を困難にしている一要因かと思われる(恥ずかしながら筆者も原理を正しく理

解するには至っていない)。

特にいわゆる第1世代のパルス管冷凍機から、今日で応用が進んでいる第3世代のパルス管冷凍機までを熱音響の考え方無く統一的に理解することは難しい。

講座では、パルス管冷凍機を理解するために重要な流体圧力変動、流体変位、そしてこれらの位相差が冷凍性能を決める重要なパラメータとなることを丁寧に説明いただいた。第1世代のパルス管冷凍機はベーシックパルス管とも呼ばれ、上記位相差が0°であるが、バッファタンクと位相調整用のオリフィス回路を設けることで位相差を90°近くまで調整することで飛躍的な冷凍性能の向上を実現できた。

本来、例年通りの夏合宿が開催されれば、上記飛躍的な冷凍性能の向上を、聴講して下さった皆様に体感して貰うことができた。バルブのほんの少しの操作で一気に数十 K も温度が降下する様子は、何度見ても毎回筆者も興奮を覚えるものである。来年はぜひ若手の方にもこの体験をしていただき、物を冷やしているという実感を共有したいと切に願って本報告を締めくくらせていただく。

(住重 森江 孝明)