【1】概要

メカニカルエンジニアリンググループ（以下メカ G）の概要は既に何回か報告済であるので、簡単に概略のみ伝える。メカ G は素粒子原子核研究所の各プロジェクトにおける実験装置の設計や新技術を試すための装置開発等、材料・設計・解析・組立に於いて各実験グループへ出向のような形で参加し支える、技術者のみで形成されたグループである。

前回以降の報告としては、機構の重要なプロジェクトの一つである Belle II 実験に関しては VXD（PXD＆SVD（バーテックス検出器））の取り出し・分解・センサーの増設・組立・再インストール準備、それらに関する治具等の設計組立で協力を行っている。

また直近では CMB グループ及び重力波関係からも低周波微小振動を限りなくゼロに近づけるための Active 制御に関しての業務も行い始めた。

さらに東海村で行っている J-PARC でも業務を行っており、ハドロン施設での COMET 実験においてはソレノイド電磁石用タングステンシールド（Phase1 は銅シールド）及びシールド架台の開発・設計、下流に設置される電子線検出器（ストローチェンバー）に関しては検出器本体の設計・組立、また検出器回路系の冷却システムの検討・開発も引き続き行っている。

【２】トピックス

毎回メカ G の業務の中から抜き出してトピックスとして紹介しているが、今回は現在亀井が行っている業務で、J-PARC/COMET 実験で担当している伝熱・冷却に関する業務の報告をする。

１．飛跡検出器内に設置されるエレキボードに対する冷却システムの開発

COMET 実験設備の下流に位置する飛跡検出器には、検出器内で得られた信号を処理するために多数のエレキボードが設置される。エレキボードには発熱密度が高い FPGA チップが搭載されており積極的な冷却が必要であるため、ガス冷却システムを開発している。

図１にガスシステムの全体像を示す。これを実現する上で重要なこととしては、本ガスシステムはエレキボード冷却用のガスラインと、電子検出用の導電性薄膜ストローに活性ガスを供給するガスラインとが一体化されている点が挙げられる。この薄膜ストローは真空中に配置されるが、超軽量化を目的として開発されたために耐圧性能がさほど高く無く、大気圧程度の低圧ガスを使用する必要がある。それに伴い、当ガスラインと分岐・合流するエレキボード冷却ガスラインも同様の制約を受ける。また、大流量側（数十 L/min）のエレキボード冷却ガスラインと小流量側(~2L/min)のストローガス供給ラインのそれぞれには低差圧条件で機能するマスフローコントローラー（以下、MFC）が必要となる。

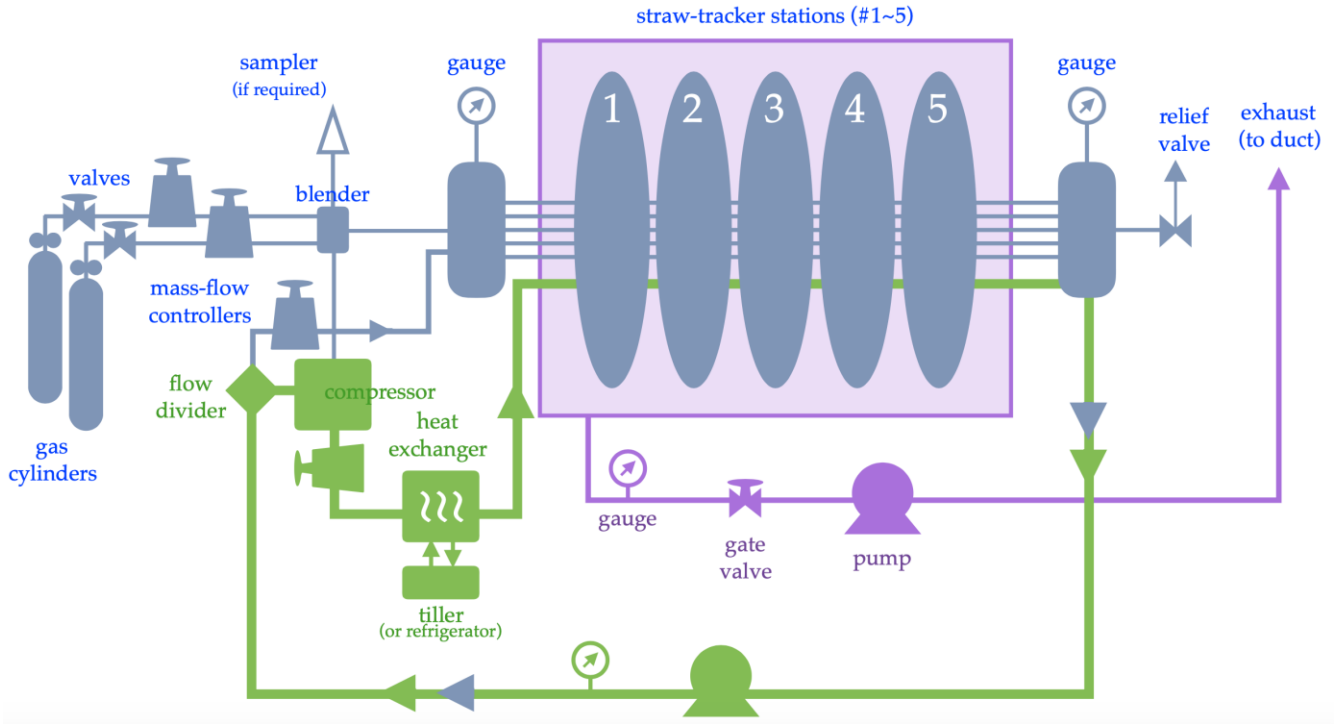

図 1 ガスシステム全体図（緑：エレキ冷却ガスライン、灰：ストロー供給ガスライン）[1]

上記の制約条件を満足するような安価なポンプと MFC を探し出すことに手こずったが、選定した機器を用いて空気を作動流体とした簡易ガス循環試験（図 2）を行うことにより、図 1 に示した大・小流量のガスラインを持つ低圧力下（低差圧下）でのガス循環システムの実現可能性に目処を得た。また、冷凍機と熱交換器を用いて得られた冷却ガスの輸送性能評価試験を併せて実施し、冷却性能に関する基礎データを入手した。本試験の結果を用いて、より低温のガスを飛跡検出器に輸送するための最適化設計に現在取り組んでいる。

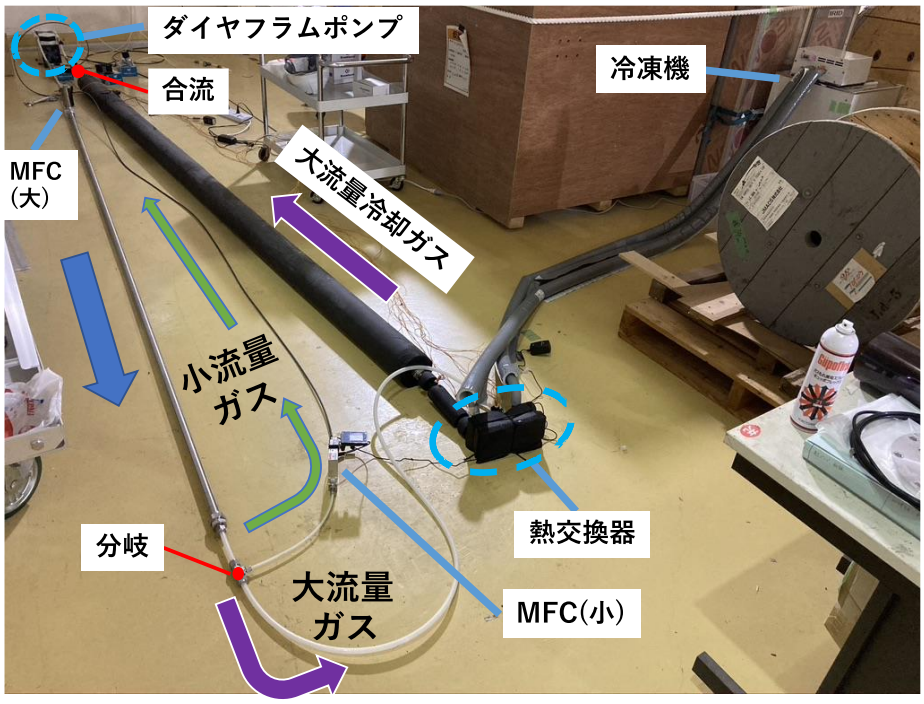

図 2 ガス系試験装置

2．COMET Phase1 標的形状案での放射線解析に基づく熱・構造連成解析

COMET Phase1 にて現在想定しているターゲットに対して PHITS を用いた放射線解析を行い、選られた発熱分布を基に標的の熱・構造連成解析を ANSYS にて実施した（図 3）。さらに、過渡温度解析を実施し、定常温度に到るまでの構造内最高温度の履歴結果から過渡的にも問題がないことを確認した（図 4）。現在は、治具を取り付けるために形状を修正したアップデート版の標的形状についても同様の解析を実施し、本結果とさほど差がなく熱・構造的観点から問題がないことを確認している。

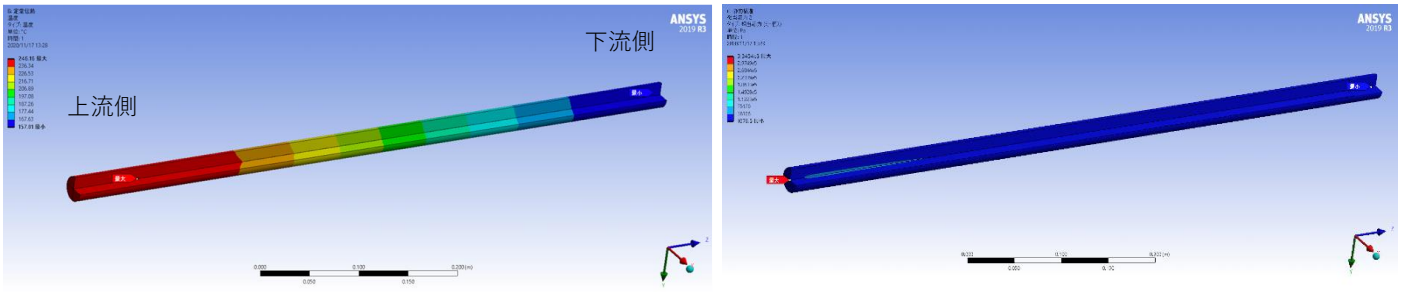

図 3　Phase 1 標的での熱・構造連成解析（左：定常温度解析、右：熱応力解析）

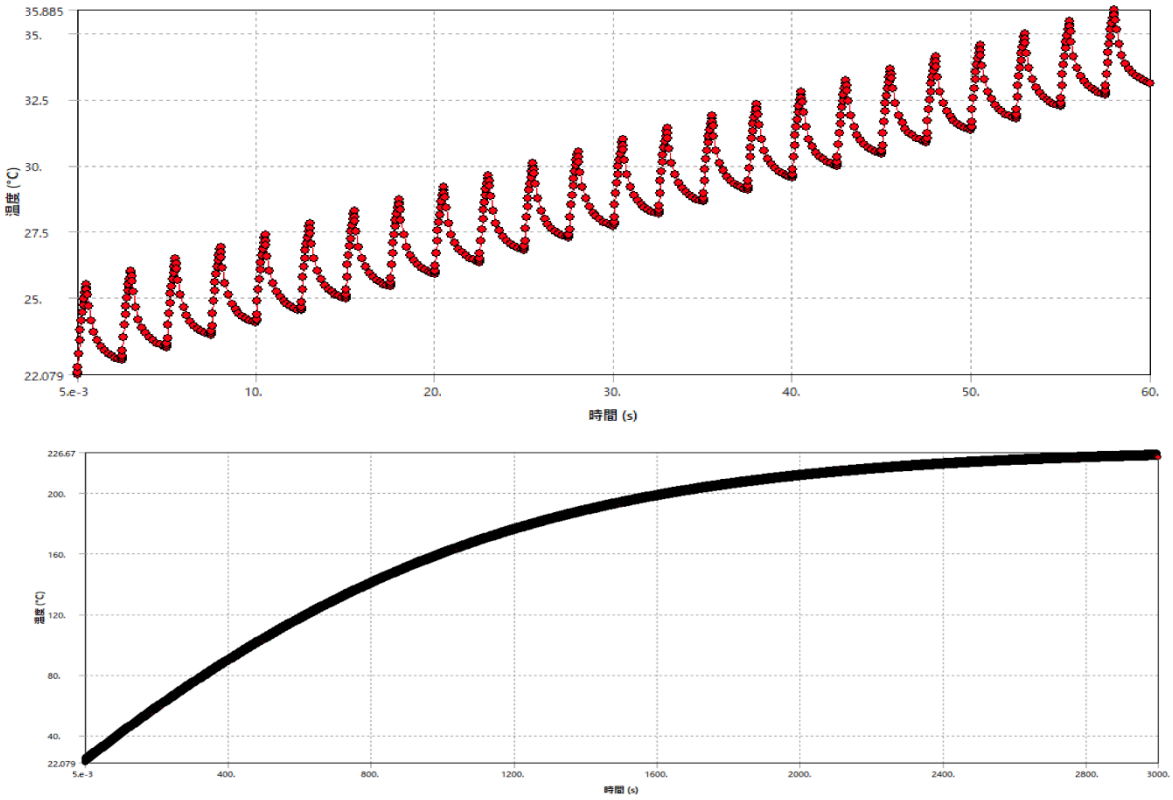

図 4 過渡応答温度解析（上：初期 60 秒間、下：3000 秒間）

参考文献

[1] H. Nishiguchi, “Status/Plan/Requirements for Slow Control of StrECAL System”, COMET SlowControl Mtg., 2018