



グループ/研究系の紹介

グループ/研究系の紹介

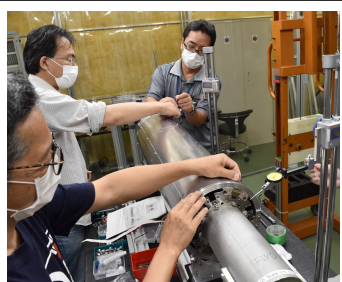
素粒子原子核研究所には様々な実験グループがあり、それぞれの研究に必要な検出器・移動架台のような機構さらにはそれらを設計する段階で足りない情報を実験の手法で知るためのテスト用装置等と様々な構造物を設計するためのグループである。また研究者からの要請は技術的に難しいものが多く、例えば物理実験に於いて特に必要とされる条件は高精度・低物質質量・高剛性・耐放射線性であるが、特に高剛性と低物質質量のように相反する条件を満たすための工夫が相当に求められる。そのために構造に関する技術は勿論、材料、真空、低温、回路、測定、熱（冷却）など幅広い知識を用いて設計・組立、ときには加工まで行っている。その他にもクレーン操作など実験をサポートする技術も必要である。現在は 機構の重要プロジェクトの一つである Belle II（ベルツー）実験や CMB グループ、本格稼働を始めた J-PARC と多彩な業務を行っている。

（人員：技術職員 4 名+再雇用職員 1 名）

【つくばキャンパス】

Belle II 崩壊点検出器 (VXD)

崩壊点検出器は衝突点ビームパイプ及びその周りを円周状に取り囲むピクセル検出器 (PXD) 2 層、シリコンバーテックス検出器 (SVD) 4 層の合計 6 層の検出器から構成されており、10 カ国以上が集う国際研究グループとして開発を進めてきた。崩壊点検出器は 2018 年に最後の検出器としてインストールされたが崩壊点を特定する短冊状のセンサー部が予定数装着できなかったことから今後の予定として崩壊点検出器のアンインストール・検出器の分解・センサーの増設・ビームパイプの交換、ノイズを防ぐためのシールド増設、再組立・再インストールが予定されている。ただし昨今のコロナ禍により前回製作組立に携わっていた外国からのグループメンバーが来所し難い状況で日本人が中心となり作業を行う可能性が高いこと。またメカニカルエンジニアリンググループ（以下メカグループ）から崩壊点検出器を技術的に支えていた職員が高齢となり技術移転の観点からも詳細かつ膨大な手順書を作成し、その職員以外のメンバーでプロトタイプを使用して手順書の確認を行った。不都合な点が有ればフィードバックをかけることで、誰がやっても間違いの起こらない手順書を目指している。さら



手順書確認風景

に確認の様子はビデオで撮影し、手順書を英訳した物を経験の有る国際メンバーに送り検証を行い二重の確認を行っている。

宇宙マイクロ波背景放射観測実験 (CMB)

CMB グループは地上で観測を行う GroundBIRD、POLARBEAR グループ、衛星を使用して観測を行う LiteBIRD グループの 3 つのグループの総称でメカグループは POLARBEAR に参加している。POLARBEAR は熱による揺らぎが少なく空気も乾燥して観測に適しているチリ/アタカマ高原（高度 5,000m）で観測を行うグループであり、POLARBEAR の観測装置は電波望遠鏡（主鏡 3.5m）、観測部の構造は一眼レフカメラと同様であり当然形状も似ている。大きさはレンズ部φ800×1635mm、センサー部 1200×900×500mm である。観測装置は 2018 年度の冬に現地に設置され観測も始めているが、その後も観測精度を上げるための改良は続いており、メカグループが引き続き技術的に支えている。直近では極低温を作り出している冷凍機由来の低周波（1Hz）の微小振動（10μm 弱）がセンサーに伝わらないよう現在はゴムを使用したパッシブ除振を行っているが、より精度の良い観測のためにピエゾを使用したアクティブ除振に置き換えるための設計が始まったところである。



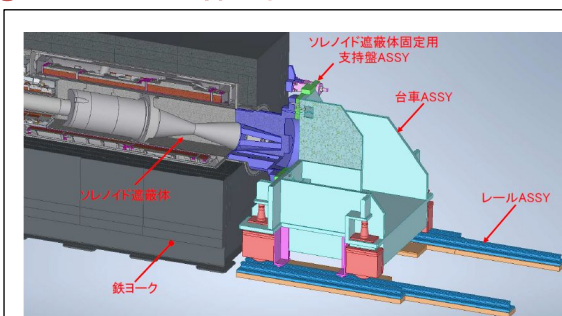
POLARBEAR 観測装置

【東海キャンパス】

J-PARC COMET 実験

COMET 実験は J-PARC で作られた陽子ビームを π 中間子生成標的に当て発生した π 中間子を電磁石により輸送。その過程で π 中間子がミューオンに変化、さらに稀に起こる「ミューオンが電子に転換する過程（ $\mu \rightarrow e$ 転換）」を観測し、発生確率を知ることによって標準理論を超える新しい物理を模索する実験である。メカグループでは、実験に必要な π 中間子生成標的周りのシールド及びシールド挿入架台。最下流に位置する電子線検出器本体及び冷却システムの設計製作に携わっている。

① シールド及び挿入架台



シールド及び片持ち挿入架台

シールド及び挿入架台の詳細は前回報告集でも説明しているので省くが、その後の検討で大きな変更があった。シールド材料としては密度が高いほど優れている。当初は密度の高いタングステン合金を予定していたが、数年間は予定されている最大ビーム強度にならない事、また大量に使用するタングステン合金の調達に技術的にも金銭的にも難しいところから銅によるシールドとなった。これにより形状的にはあまり変わらないが主材料が変更されたことで殆ど再設計を行うことになり 2021 年度初頭に行われる入札に間に合わせるべく業務を進めている。またそれと並行に設計が進むにつれてシールド設置に対してコンクリートの床面を掘り下げる必要が有ることが分かり床面の“はつり”作業も行った。

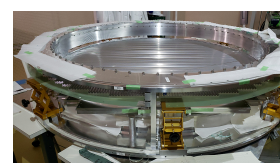


はつり後の床面

② 電子線検出器

電子線検出器も構造等は前回の報告集で述べたので詳細は省き、その後の報告を行う。2019 年度は設計に足りない技術的なデータを収集するために、実際の検出器の一部分を模したテストピースを作成して様々なテストを行った。一例としてはアルミの溝部にマイラー（デュポン社）チューブが 0.8mm

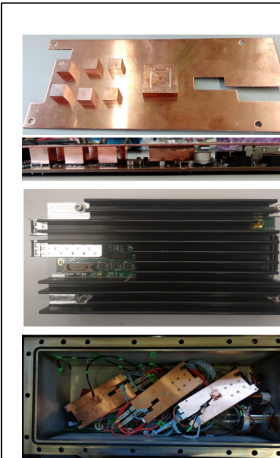
の間隔で並んでいるところに隙間無く接着剤を流し込めるか？（この部分はチューブの接着と気密封止用の充填も兼ねている）写真では簡単そうであるがチューブ長さは 660～1300mm で実際はチューブの根元からは中の状態が目視出来ず奥まで充填出来たか接着時には確認できない。構造解析で得られた値から接着剤に求められる強度は分かっているので安全率を考慮に入れながら低粘度・耐放射線性の高いエポキシ系接着剤数種類をこのテストピースを使いテストした。またこれ以外にも様々なテストを行い構造を決定し製作用図面の作成を始め、2020 年度に部品の納入が完了。現在は本体の組立を行っている。



組立中の検出器

③ 電子線検出器用冷却システム

検出器は右上の図のように外形がドーナツ状の圧力容器となっておりその中に信号処理用のエレキボードが 30 枚入る。検出器は真空中に設置されるので、ここで発生した熱をどのように容器外へ排熱するのが重要な課題となっている。排熱を担う物としてマイラーチューブ内に流す Ar-Ethane 混合ガスを利用することは早々に決まったが、ここで問題として挙げたのは①エレキボードからガスへの熱伝達。②ガスへと伝わった熱を容器外へと運ぶ熱輸送。③冷却された Ar-Ethane を出来るだけ温度差無く検出器まで送り届ける配管系。④制約が有り輻射は期待できない。これらを踏まえて冷却が成立する条件を導き出すためには様々な工夫が必要となるがまずは大雑把に熱解析を行い、その中から成立しそうなアイデアを試験装置を使用して検証、問題点があればさらに工夫を重ねることで冷却システムとしての目途がついた。現在は③の冷凍機から検出器までの数十mの配管を通る過程で温度差が最小限になるような保温材の種類とその必要厚さを検証するため疑似配管系を作成してテストを行っている。



エレキボード用に製作した放熱板とヒートシンク及びそれらの熱試験装置

【その他】

素核研メカグループ活動報告へのリンク

https://www2.kek.jp/ipns/ja/research_introduction/report/1402/

https://www2.kek.jp/ipns/ja/research_introduction/report/1419/