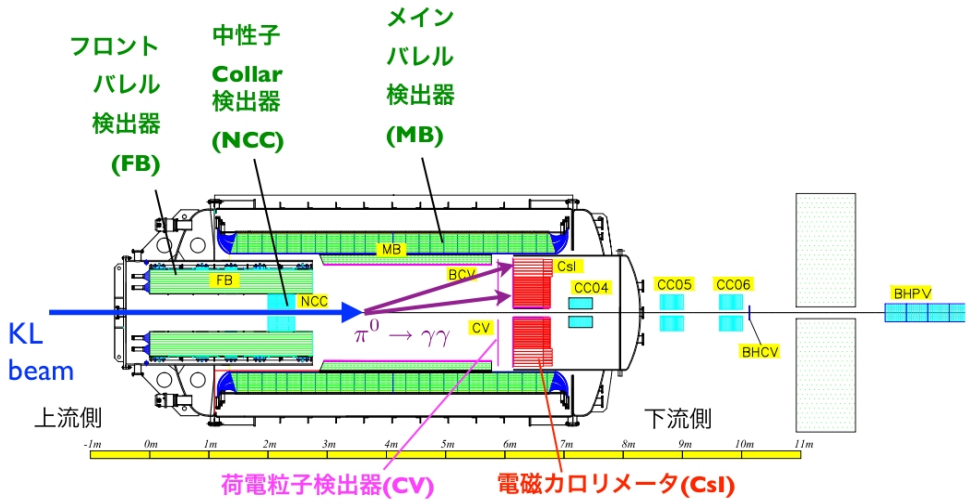
素核研研究活動報告（1）　　2016 年 10 月 3 日

J-PARC E14 KOTO 実験

J-PARC ハドロン実験施設で、E14 実験（通称 KOTO 実験：K0 at Tokai の略）を行っています。この実験には、国内（KEK、大阪大、京都大、山形大、防衛大、岡山大、佐賀大)、海外（米国、台湾、韓国、ロシア）から合わせて約６０名が参加しています。およそ半数が海外からの参加者で、２０名近い大学院生が活躍する場となっています。

KOTO 実験の目的は、中性 K 中間子の非常に稀な崩壊パターンを測定し、粒子と反粒子の対称性（CP 対称性）の破れの新たな起源を探ることです。中性 K 中間子が数百億回に一度、中性のパイ中間子（π^0）と二つのニュートリノに崩壊する事象（$K_L \rightarrow \pi^0 \nu \nu$）の初めての測定に挑みます。素粒子標準模型で非常に正確に崩壊確率を計算できるため、理論予測との食い違いから新現象を探すことに適しています。ビームとして飛来する中性 K 中間子が円筒型の測定器[下図（断面図)］内で崩壊し、生まれた π^0 がさらに崩壊して出る二つのガンマ線を電磁カロリメータで捉えることで事象を再構成します。他に検出できる粒子（ガンマ線や荷電粒子など）が何も出ないことも信号の特徴で、高い検出効率を持つ崩壊領域を囲んだ測定器群でこのことを保証します。

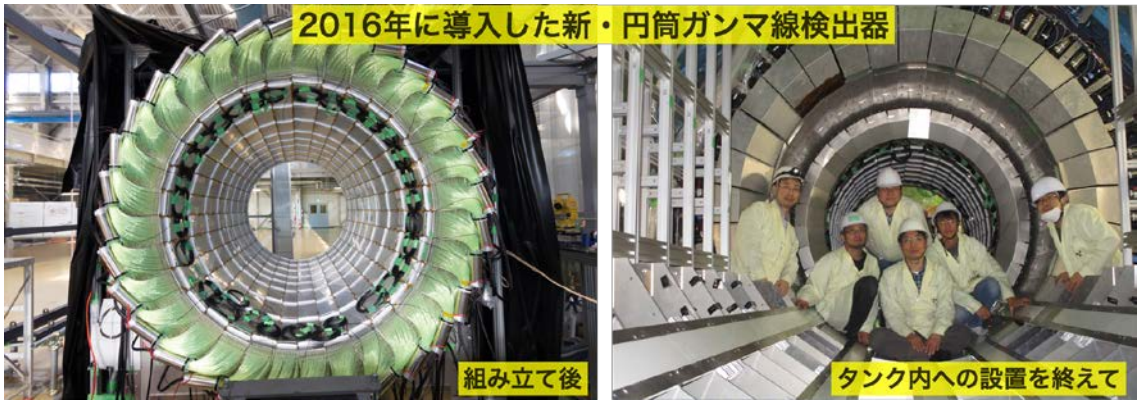


KOTO 実験は最初の物理ランとして、2013 年 5 月に 24kW のビームパワーで 100 時間データを収集しました。データを解析した結果、短期間のデータ収集にもかかわらず、世界記録の実験（KEK つくばの 12GeV 陽子加速器で行わ

れた実験）と同程度の感度を達成できたことがわかりました。この結果は 2014 年に国際会議で速報として公表されていましたが、その後、背景事象の詳細な評価を進め、さらに未知の粒子への崩壊（$K_L \to \pi^0 X^0$）の探索結果と合わせて、先頃、“Progress of Theoretical and Experimental Physics (PTEP)” 誌に投稿されました。

約 2 年間のハドロン実験施設の安全改修後、2015 年に収集したデータについては、現在、精力的に解析が進められています。2015 年 4 月から 12 月にかけて収集したデータ量は 2013 年感度の 20 倍相当に達していると見積もられ、$K_L \to \pi^0 \nu \nu$ に対して 10 億回に 1 度レベルの感度まで探索できることが期待されます。ビームパワーが 24kW から 42kW まで徐々に増強されたことなど、期間ごとの実験条件に応じた解析が求められます。現在、背景事象を飛躍的に削減する手法の開発とその評価を中心にデータ解析を進めています。

2016 年 4 月にはメインバレル検出器（測定器図参照）の内側に新しいガンマ線検出器（インナーバレル）を設置しました。この検出器はメインバレルと同じく鉛とシンチレータのサンドイッチ構造を持ち、波長変換ファイバーを通して光電子増倍管で信号を読み出すもので、外径 2m、長さ 3m、重量 7 トンの円筒状に組み上げられています。動径方向に飛んだガンマ線に対する検出効率を向上し、背景事象の削減に威力を発揮します。



インナーバレル設置後、2016 年 5 月末から約 1 ヶ月間、ビームパワー42kW でデータ収集を行いました。蓄積したデータ量は 2015 年の約 1/4 に相当します。大規模な検出器増強を行った後のデータ収集なので、新検出器の調整や性能評価のみならず既存の検出器の性能再確認なども必要とされ、順次進めています。

2016 年度後半はデータ解析に集中し、2015 年データの実験感度や背景事象削減の実証、2016 年データの検証を行い、2017 年春からのデータ収集再開に備えます。