

# 宇宙線ミュオン・ラジオグラフィー・システムを用いた原子炉内構造の測定

SATテクノロジー・ショーケース2013

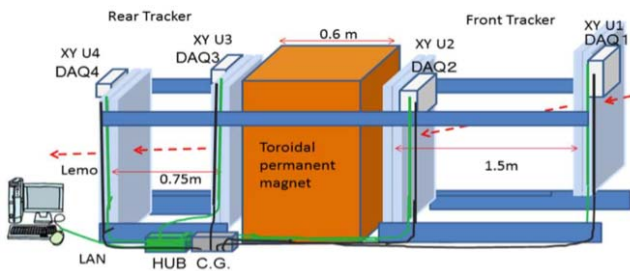
## ■ はじめに

東日本大震災により、我が国のいくつかの原子炉が被害を受け、一部の発電所では発電が停止、または廃炉まで検討されている。そこで、放射線などの影響で近づくことの難しい原子炉で、原子炉建屋の外部から建屋内の状況を知る技術の開発は急務である。宇宙線に含まれる高いエネルギーのミュオンは分厚い物体を通過する能力があり、X線で人体などの検査を行うように、原子炉の内部現状を、原子炉建屋の外部から透視できる可能性がある。私たちはミュオンラジオグラフィーシステムの試作機を建設し、原子炉建屋外部にその試作機を設置し計測した。その結果、建屋内部の燃料プール・格納容器・圧力容器・圧力容器内部の構造を透視・分析できることを世界で初めて示した。

## ■ 活動内容

### 1. 測定装置

飛来するミュオンの方向を特定するためには、離れた二点でミュオンの通過点の空間座標を測定する必要がある。ミュオン通過点の測定は、プラスチック・シンチレーターで行う。1cm幅の棒状のシンチレーターを並べ、ミュオンの通過点を測定する。シンチレーターからの光はMPPC(Multi-Pixel-Photon-Counter)で検出する。1m四方のX軸面、Y軸面シンチレーションカウンターを並べた組を4セット用いる。前面2セット、後面2セットの間に厚さ60cmのトロイド磁石を設置し、運動量測定も行う。また、全体のシステムは、6mのコンテナに納められコンパクトになっている。



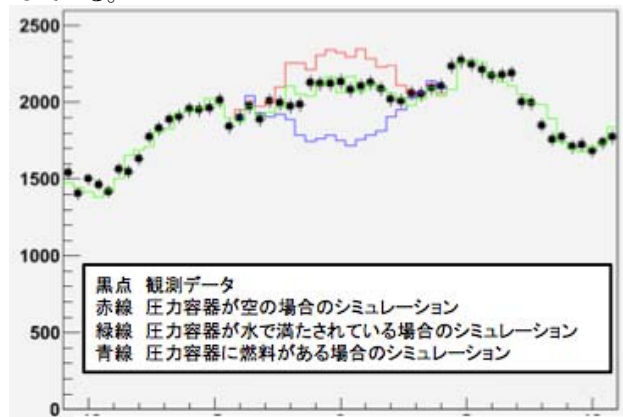
### 2. モンテカルロシミュレーション

GEANT4はミュオンを含む様々な粒子を、物質中で輸送できるモンテカルロシミュレーションコードである。GEANT4を使って、ミュオン・ラジオグラフィーのシミュレ

ーションを行った。宇宙線ミュオンのフラックス分布、運動量分布は、すでに測定されているものを参考に決めた。シミュレーションには膨大な時間を要するため、研究室の計算機の多くを使用し、現在2.8GHzCPU×60の並列計算を行っている。

### 3. データ解析

上記の測定装置を原子炉の炉中心から64m離れた原子炉建屋の外部に設置した。観測された宇宙線ミュオンのうち、圧力容器の中心部を通過して来たと想定されるものを選び出し、圧力容器に①ウラン燃料がある場合、②水のみがある場合、③空の場合の3つのケースについてシミュレーションと比較して解析した。ミュオンの飛跡上の物質により、透過してくるミュオンの量が増える。下図のヒストグラムは、青線はウラン燃料がある場合、緑線は水がある場合、赤線は空の場合を示し、黒い点が観測データ(114日間)を示す。明確に圧力容器が水、もしくは相当の物質で満たされていることを示す。これは、原子炉建屋の外部から圧力容器の内部を詳細に調査できることを示している。



### ■ 関連情報等(特許関係、施設)

この研究は、高エネルギー加速器研究機構、筑波大学、東京大学、首都大学東京の研究者で構成されたチームが、電力会社の協力・支援をいただいて実施した。またシンチレーションカウンターの放射線耐性を調べるため、原子力研究開発機構・高崎量子応用研究所・コバルト60ガンマ線照射施設で照射実験を行った。

代表発表者 **伊藤 史哲 (いとう ふみあき)**

所属 **筑波大学  
数理物質科学研究科**

問合せ先 〒305-8571 つくば市天王台 1-1-1  
TEL: 029-853-4270 FAX: 029-853-4491  
ito@hepsg3.px.tsukuba.ac.jp

■キーワード: (1)ミュオンラジオグラフィー  
(2)核燃料  
(3)遠隔透視  
(4)GEANT4