

【原子カワポイント】 広く利用されている放射線

(111) 「ピラミッド透視、長半減期核種の消滅処理など」ミュー粒子の意外な使い道(その1)

広く利用されている放射線(46)では、「福島原発事故で溶けた核燃料の位置や大きさをミュー粒子で探る技術が話題になっている」と紹介しました。2017年には名古屋大学から「宇宙線（ミュー粒子）の観測によりピラミッド中心部に未知の巨大空間を発見」および内閣府から「高レベル放射性廃棄物低減・資源化の鍵、新たなミュー粒子生成法へ向けてその原理実証に成功」とプレス発表がありました。どういうことでしょうか。探ってみましょう。

ゆりちゃん：「ミュー粒子」ってどんなものですか。もう一度、簡単に説明してください。

タクさん：図1を見てください。宇宙では超新星や太陽表面の爆発などで発生した高エネルギー（飛来速度が速い）粒子が飛び交っています。この粒子は、一次宇宙線（放射線の一種）と呼ばれていて約90%が陽子線です。高エネルギー粒子が地球の大気圏に突入すると、高度数十キロメートルの地点で空気中の窒素や酸素などの原子核と衝突、核反応を起こして放射性同位元素を生成したり、衝突した原子核から中性子や陽子を弾き飛ばしたり、パイ中間子（原子核内で陽子や中性子を結合させる粒子）を発生させたりします。この現象を大気シャワーといい、発生した粒子を「二次宇宙線」と呼びます。地表に達する二次宇宙線の大部分が「ミュー粒子」です。ミュー粒子はさまざまな方向から1平方センチメートル当たり毎分1個の割合で降り注ぎ、私たちの体を常時通り抜けています。ミュー粒子の特徴は「透過性の高さ」にあります。高いエネルギーを持つミュー粒子は厚さ1キロメートルの岩盤でも通り抜けることができるのです。

ゆりちゃん：ミュー粒子の検出法を教えてください。

タクさん：名古屋大学の森島邦博特任助教らの研究チームはミュー粒子を検出する装置として、粒子の通った跡を立体的に記録する特殊な写真フィルム「原子核乾板」の技術開発を行いました。図2を見てください。原子核乾板は厚さ数十マイクロン（1マイクロン=1,000分の1ミリ）のゼラチン膜中に、直径約0.2マイクロンの臭化銀結晶を均一に分散させたものです。透明なプラスチックを挟んで両側に1枚ずつ設置します。ミュー粒子が臭化銀結晶を通過した後、写真フィルムと同じように化学現像処理を行うと、1マイクロン程度の痕跡が原子核乾板中に観察されます。原子核乾板を通過した宇宙線の軌跡は銀粒子の立体的な並び（痕跡）として記録されます。森島先生らは、この痕跡をデジタル化して処理する「超高速自動読み取り装置」を開発し、大量のデータを瞬時に解析する技術を構築しました。原子核乾板の特徴は、①極めて高い空間分解能、②電源不要、③薄型・軽量・コンパクト、④小型化・大面積化が容易、⑤電源がないような屋外での観測や狭い空間内への検出器の設置が容易、⑥長期観測などが可能という諸条件にあるといます。このような特徴により、森島先生らの検出技術が非破壊検査しか許されない「エジプトのピラミッド調査」に応用されたのです。

ゆりちゃん：ピラミッド調査の結果はどうだったのですか？

タクさん：2017年11月6日に名古屋大学および科学技術振興機構（JST）が共同で行ったプレスリリースを見てみましょう。「エジプト考古省が中心となって2015年10月、ピラミッド群（クフ王、カフラー王など4つのピラミッド）を調査対象として、日本、エジプト、フランス、カナダが参加する『国際共同研究プロジェクト“スキャンピラミッド”』が始まり、森島先生らがミュー粒子の観測を担当することになった経緯」が説明されています。図3を見てください。森島先生らは「原子核乾板」をクフ王のピラミッド中心部にある「女王の間」に設置し、原子核乾板から超高速自動読み取り装置を使って約1,100万個ものミュー粒子を測定・解析しました。その結果、女王の間の上にある大回廊よりもさらに上に、長さが30メ

ートル以上、飛行機サイズの巨大空間を発見。2日付けの英科学誌ネイチャー電子版に発表されました。考古学の専門家は、「未だ見つからない王の埋葬室の可能性はある」といいます。図4を見て下さい。私たちが日本で二次宇宙線から受ける1年間の被ばく線量は約0.3ミリシーベルトです。このうちの約8割が「ミュオン粒子」によるものです。森島先生らの研究のすばらしさは、1ミリシーベルトよりも少ない低線量放射線を利用して、巨大構造物の内部を傷つけることなく高精度に予測する技術を実用化したことにあるといえるでしょう。次回はピラミッドの透視とは異なり、逆に多量のミュオン粒子を必要とする「長半減期核種“消滅処理”技術」への応用の可能性について紹介します。(原産協会・人材育成部)

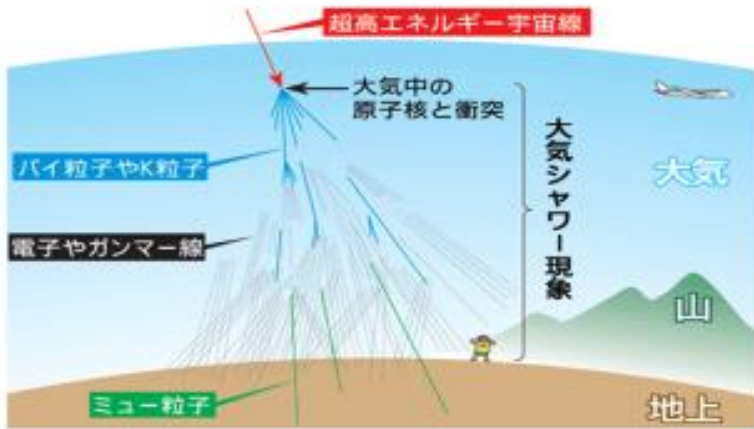


図1. ミュオン粒子の発生
(引用:KEK宇宙線を見る「スパークチェンバーはなぜ動くより」)

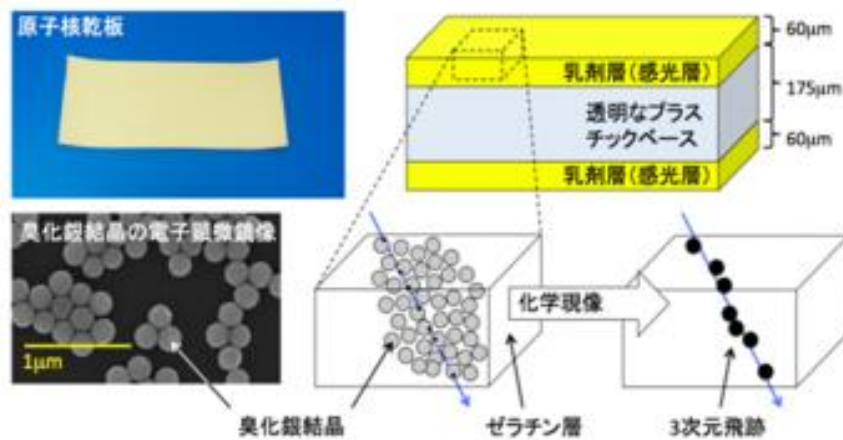


図2. ミュオン粒子検出器としての原子核乾板の概要
(引用:名古屋大学理学研究科 F研「宇宙線ミュオンオンラジオグラフィ」より)



図3. ピラミッド未知の空間
(引用: <http://www.sankei.com/premium/news/171112/prm1711120021-nl.html>)

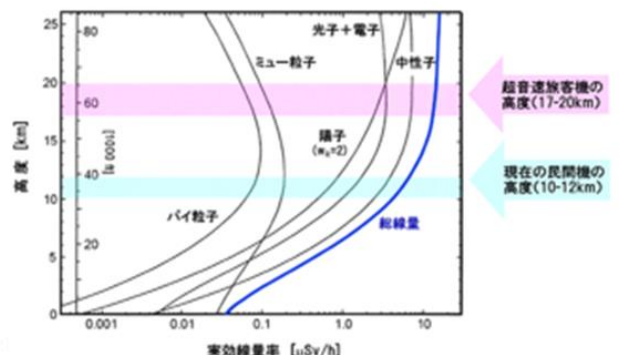


図4. 宇宙放射線の被ばく線量率(実効線量率: mSv/h)の典型的な高度分布
(引用:量子科学技術研究開発機構 航空機での宇宙線被ばく線量を計算表示するシステムより)