

## Development of strontium counter real-time by applying the Cherenkov light detection

H. Ito<sup>1)</sup>, S. Iijima<sup>1)</sup>, H. Kawai<sup>1)</sup>, S. Kodama<sup>1)</sup>, D. Kumogoshi<sup>1)</sup>, K. Mase<sup>1)</sup>, S. Suzuki<sup>1)</sup> and M. Tabata<sup>2)</sup>  
 1) Chiba Univ., 2) JAXA ISAS

### 1. 背景・目的

<sup>90</sup>Srは主要な核分裂生成物の一種であり、福島第1原発事故においては炉心冷却に使用した高濃度汚染水に含まれて環境中に広まった。<sup>90</sup>Srはγ線をほとんど放出しないため通常の放射線測定器では測定できない。現状ではリアルタイムの計測方法は存在しない。

我々は高エネルギー素粒子実験に用いる閾値型チェレンコフカウンターを改良して<sup>90</sup>Srの娘核である<sup>90</sup>Yから発生する最高運動エネルギー2.28MeVのβ線のみに反応するリアルタイム検出器を開発した。

チェレンコフ光検出を応用した粒子識別を行うことでβ線のエネルギーごとに分類ができる。つまり、放射性原子核を分類することができる。検出方法の、<sup>90</sup>Srと<sup>137</sup>Cs、他5種類の放射線源による測定をし原子核識別が可能か実験する。

### 2. チェレンコフ光測定とシリカエアロゲル

屈折率nの物質中での光の速度はc/nである。荷電粒子の速度vがc/nを上まわったときにチェレンコフ発光が起きる。粒子の質量によって同じ運動量領域で光ったかどうかで粒子識別を行う装置をチェレンコフカウンターという。また、同じ粒子でもエネルギー識別が可能である。

<sup>90</sup>Sr線源から放出される最大エネルギー2.28MeVのβ線の速度は0.983cであり、屈折率1.017以上の物質でチェレンコフ発光する。これに対して<sup>137</sup>Csの95%は最大エネルギー0.512MeVのβ線を放出して<sup>137</sup>Baの励起状態に崩壊し、続いて0.662MeVのγ線を放出する。残り5%は最大運動エネルギー1.174MeVのβ線を放出して、<sup>137</sup>Baの基底状態に直接崩壊する。運動エネルギー1.174MeVのβ線の速度は0.953cであり、屈折率1.049以上の屈折率の物質でチェレンコフ発光する。すなわち屈折率1.017から1.049の物質中では<sup>137</sup>Csと<sup>90</sup>Srを識別することができる。同様に他の放射性原子核の識別が可能である。

千葉大ではシリカエアロゲルの製造の研究を行っており、従来と比べ製造可能な屈折率の範囲も拡大、かつ透明度が圧倒的に向上した。Fig.1に千葉大で製造可能な屈折率と透明度(透過長)を示した図を載せる。シリカエアロゲルは製造過程において屈折率、透明度を決定することができ、個体で放射線による劣化があまりないことから取扱いが容易である。

### 3. Scintillation Fiber (ScFi) 及びWave Length Shifting Fiber (WLSF) による検出面積の拡大

どちらもクラレ社から提供してもらったファイバーで直径が0.2mm、Double Claddingで読み出し光量が多い、WLSFにいたっては4種類の吸収波長が異なるファイバーを提供している唯一の会社である。

MeVオーダのβ線はScintillatorを厚さ1cmも進むとエネルギーを失いながら止まってしまうのでできるだけトリガー

のScintillatorは薄い方がよい。ファイバーを伸ばした分だけの面積が確保できる。ファイバーを用いたことにより、光検出器を小型化することができる。

WLSFを用いたファイバーライトガイドは並べたファイバーの側面から光を吸収して両端まで光を伝搬する。原理はファイバーに含まれている波長変換物質がある決まった波長の光を吸収・励起し、落ちるときに光を放出する。入ってくる光の波長より、放出する光の波長が長いことから波長変換(Wave Length Shifting)と呼ばれる。再発光は等方的に放出されるが、ファイバーのコアとクラッドとの屈折率の比から全反射条件を満たしたもののだけを端まで導き、残りは読み出されない。効率は落ちるがファイバーを伸ばした分だけ有効面積が拡張することができる。

### 4. Strontium Counter

チェレンコフ光測定を応用し、<sup>90</sup>Srからのβ線だけに反応する検出器をStrontium Counterと呼ぶ。光検出器による測定で粒子が通過する度にカウントすることから、リアルタイムでの計測が可能である。識別対象原子核は<sup>90</sup>Sr、<sup>137</sup>Cs、<sup>40</sup>K、他γ線源なので使用するシリカエアロゲルの屈折率は1.04が適切だと計算できる。

まず<sup>90</sup>Sr、<sup>137</sup>Csの識別が可能か測定方法を研究し実験した。効率のよい測定方法をしらべ検出器に導入する。今回の発表ではStrontium Counterの開発における<sup>90</sup>Sr、<sup>137</sup>Csの識別方法について議論する。

#### 参考文献

- 1) M. Tabata, et al., Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A, 668(2012), p.64
- 2) Y. Saito, et al., IEEE 2012, N14-162
- 3) M. Wada, et al., IEEE 2011, NP3-M34

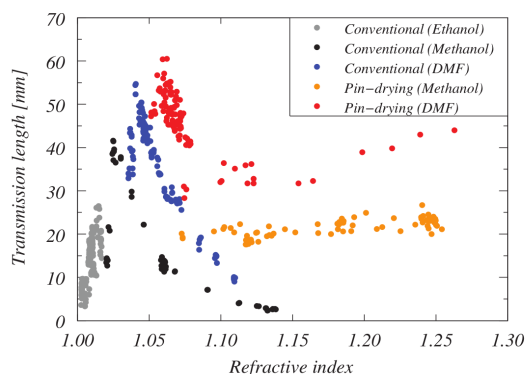


Fig1: Transmission length at 400nm as a function of the refractive index at 405nm. Each data point represents a difference aerogel. Aerogels produced by the conventional method are classified by the solvent used during their synthesis: ethanol (gray), methanol (black), and DMF (blue). Aerogels produced by the pin-drying method are also classified by the solvent used: methanol (orange) and DMF (red). M. Tabata, et al.(2012)

演題名: チェレンコフ光検出を応用したリアルタイム<sup>90</sup>Srカウンターの開発  
 所属: 1) 千葉大理, 2) JAXA ISAS

代表著者・連絡先: 伊藤博士・hiroshi@hepburn.s.chiba-u.ac.jp

謝辞: 本研究を行うにあたり千葉大学粒子線物理学研究室の河合秀幸准教授をはじめとする先生方には大変お世話になりました。また田端誠氏におかれましては実験で使用したエアロゲルの製作にあたって大変お世話になりました。同学年の飯島周多郎氏と雲越大輔氏とはともに研究生生活を送る中で議論を重ね、切磋琢磨できたことに感謝します。