

ニュートリノを伴わない二重ベータ崩壊探索実験AXELのためのバリウムイオン検出への試み

菅島文悟, 京都大学 for AXEL Collaboration

AXEL実験におけるバリウムイオン検出計画

AXEL: 高圧ガスキセノンTPCを用いて ^{136}Xe の $0\nu\beta\beta$ を探索する

- ・大質量
- ・高いエネルギー分解能
- ・TPCの飛跡再構成能力を生かしたバックグラウンド除去

これによって、1 ton検出器において5~10年程度の運用でニュートリノ有効質量20 meV以上の領域が探索可能になると予想
→ニュートリノ質量が逆順序である場合には多くの領域をカバー

一方、ニュートリノ質量が標準順序である場合には有効質量1 meVまで探索する必要があり、バックグラウンドをさらに2桁以上削減する必要がある。

この解決になると見込まれるのがバリウムイオン検出

^{136}Xe の二重ベータ崩壊の娘核である ^{136}Ba をとらえるバリウムイオン検出[1]が成功すれば最高のバックグラウンド除去法になると目されており、いくつかのグループで研究が進められている([2]など)。

我々はカソード側にバリウムイオンを誘導し固体キセノン中に拘束する計画を立てた。

固体キセノンの生成

上記の計画ではFig1.のようにカソードトップの電極を冷却して気体TPC中に液体/固体キセノンを生成する。バリウムイオンが**固体キセノン層に拘束**されれば**分光**による検出が可能になると期待している[2]。

キセノンガスを約1 barA導入したチェンバー中で銅電極を液体窒素によって冷却し、先端に**固体キセノン**を生成した。(Fig2.)

温度シミュレーションをもとにして電極を設計し、電極先端のみに固体キセノンが生成されることを確認した。

高圧キセノン中では液体層が深くなるのが問題

PTFEの仕事関数がバリウムの第一、第二イオン化エネルギーの間にあり[3]、PTFE表面に拘束したバリウムで Ba^+ としての分光が可能になるかもしれない。

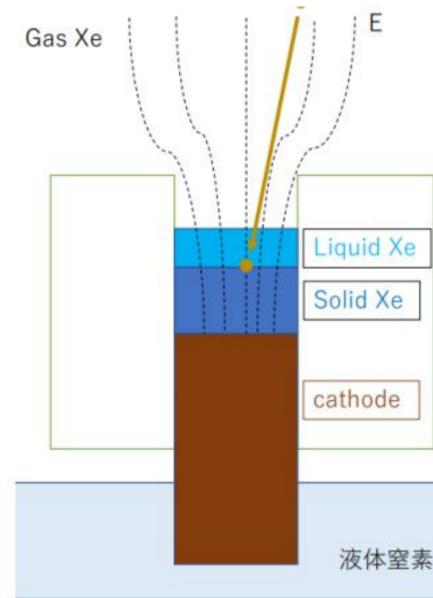


Fig1. 固体キセノンへのBaの拘束

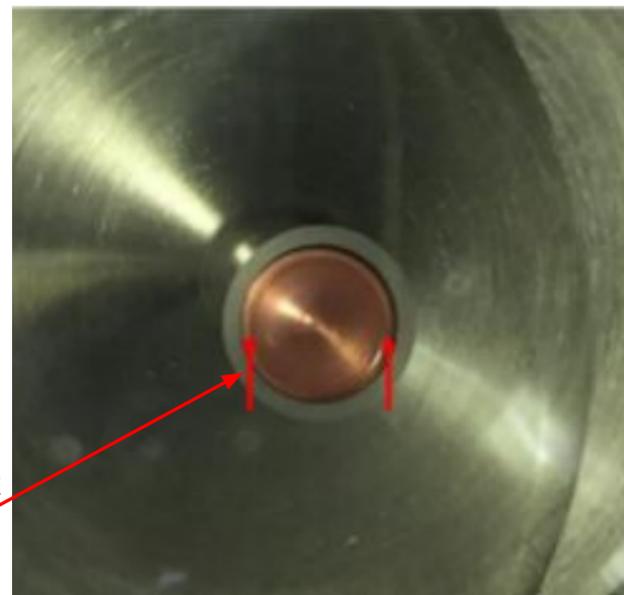


Fig2. 電極先端に生成された固体キセノン

キセノンガス中でのイオン源加熱

- Fig3.のようなテストセットアップを設計した。
- ・イオン源から供給したバリウムイオンを目標の位置に誘導
 - ・イオン収量をカソード電極からの電荷流出によって特定

イオン源は本来真空中で用いるものであり、**キセノン中での運用に耐えられるかの試験**も必要となる。

真空中で加熱試験を行った際電場を形成しイオン源から10cm程度離れた電極から電流を観測することを試みたが有意な電流は**観測されなかった**。

→イオン源直近に電極をおく。(Fig4.)

キセノンガス中でFig5.の通り**イオン源温度に依存する電流が観測された**。イオン化エネルギーは **$5.7 \pm 0.2\text{eV}$** に相当か(バリウムの第一イオン化エネルギーは約5.2eV)

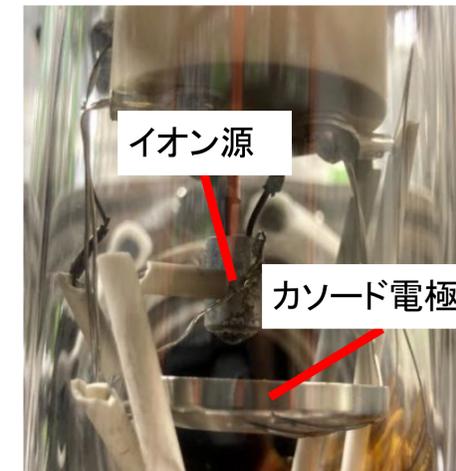


Fig4. イオン源直近に設置した電極

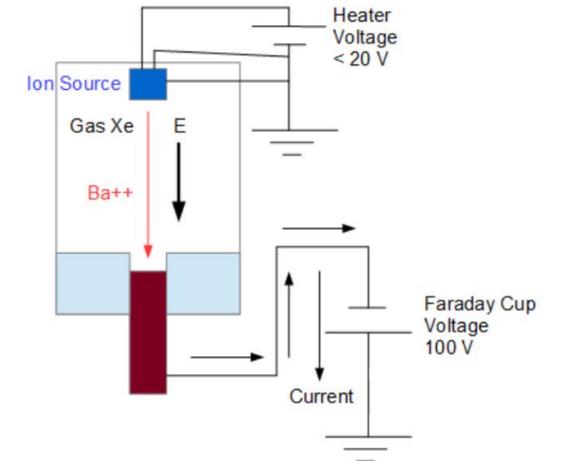


Fig3. テストチェンバー概念図

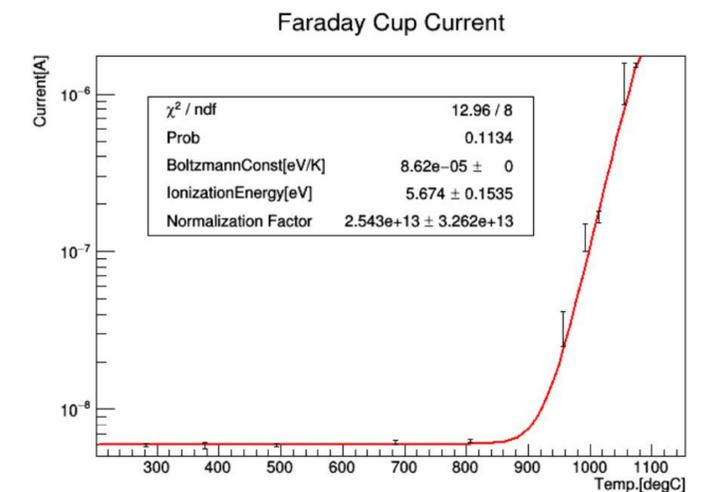


Fig5. イオン源直近に設置した電極

同社のイオン源を分析したところバリウムより**アルカリ金属を多く含んでいた**という報告があり[4]、今後は四重極ガス分析計を用いてこのイオンの組成を調べる予定。

まとめ

$0\nu\beta\beta$ 探索におけるバックグラウンド除去のため**バリウムイオン検出**を試みる。

固体キセノン中に拘束したバリウムが**分光で観測できると期待**。

銅電極の先端に**固体キセノン**が生成されることを確認した。

本来真空中で用いられるイオン源をキセノンガス中で加熱し、安全に加熱されることを確認した。

イオン源直近の電極からの**電荷の流出が観測**され、イオン源の**温度に依存**することを確認した。

イオン源から離れた電極で電流を計測する必要がある。

モデルを立てた計算で**イオン化エネルギー $5.7 \pm 0.2\text{ eV}$** とみられる依存性だが、Baであるかは今後検討する。