#### ボース・アインシュタイン凝縮実現を目指した ポジトロニウム冷却 II

**<u>周</u>健治<sup>1,4</sup>**,山田恭平<sup>1</sup>,橋立佳央理<sup>1,4</sup>,石田明<sup>1</sup>,難波俊雄<sup>2</sup>, 浅井祥仁<sup>1</sup>,五神真<sup>1</sup>,田島陽平<sup>3</sup>,蔡恩美<sup>3</sup>,吉岡孝高<sup>3</sup>,大島永康<sup>4</sup>,

オローク ブライアン<sup>4</sup>,満汐 孝治<sup>4</sup>,伊藤 賢志<sup>4</sup>,熊谷 和博<sup>4</sup>, 鈴木 良一<sup>4</sup>,藤野 茂<sup>5</sup>,兵頭 俊夫<sup>6</sup>,望月 出海<sup>6</sup>,和田 健<sup>7</sup>,甲斐健師<sup>8</sup> 東大理<sup>1</sup>,東大素セ<sup>2</sup>,東大工<sup>3</sup>,産総研<sup>4</sup>,九大GIC<sup>5</sup>,KEK<sup>6</sup>,量研<sup>7</sup>,原子力機構<sup>8</sup>



第56回アイソトープ・放射線研究発表会 東京大学弥生講堂



熱化とレーザー冷却を組み合わせて 300 nsで10 Kまでの高速冷却を実現する

2.Ps生成、濃縮、冷却材料



ナノポーラスシリカを用いた過去の報告

遷移周波数がシフトし、幅が狭い D. B. Cassidy et al. PRL 106, 023401 (2011). 2P状態の消滅率が高く、遷移幅が広い B. S. Cooper et al. PRB 97, 205302 (2018).

▶ これらの現象が生じるとレーザー冷却が難しい。 われわれも性質の良さそうなシリカサンプルを使って検証した。

- エアロゲル
  - 密度 0.1 g cm<sup>-3</sup> 空孔径 50 nm





CVD膜厚 75 nm

Counts (/1.6ns)  $10^{7}$  $\chi^2$  / ndf 400.4 / 366 Prob 0.1042 0 const 2.276e+04 ± 2.858e+02 10<sup>6</sup> 1 life  $129.9 \pm 1.1$ 2 flatBG 0.0003403 ± 11.2486916 10<sup>5</sup>  $\tau = 129.9 \pm 1.1$  ns = 13% 10<sup>4</sup> 50 nmの空孔径で期待される寿命 10<sup>3</sup> 高いPs生成率 (止まった陽電子のうち50%) 10<sup>2</sup> 100 200 300 400 500 600 700 0 ▶ 期待通り、空孔中に飛び出したo-Time (ns) Psが得られている

<sup>22</sup>Naを用いた t 1 mm シリカエアロゲルの バルクPALS測定タイミングスペクトル **3** 

## 243nm, 3ns幅の紫外レーザーで 2P状態に遷移させてみた



(1) 243 nmの紫外レーザーを当て2P 状態に遷移する

(2) 何も悪い効果起きず期待通りなら

▶ 3.2 nsの時定数で1S状態に戻り、 何も起きなかったように見える

(2') 先行研究のように2Pの寿命が
物質中で短いなら
ガンマ線崩壊量が増える





B1ビームラインの様子

陽電子はレーザー径に合わせ4 mm径程度に集束



仕様

パルスエネルギー	300 µJ
243nmでの線幅	0.06 nm
ビーム径	5 mm
時間幅	3 ns
繰り返し	10 Hz





↑ ← レーザー周りの様子

OPOは岡山大学吉村研究室より お借りしました。 ご厚意に感謝します。

2019/07/04

### エアロゲルではPsからの崩壊ガンマ線が 遅い成分として見える



### 2P状態はすぐガンマ線に崩壊する



2P状態はすぐガンマ線に崩壊する



300 µJの紫外レーザーだけで2P状態がガンマ線に崩壊している 2P状態のガンマ線崩壊寿命が短い





# 2Pの寿命が短い理由の仮説

- 1. 紫外線照射によりできる常磁性ラジカルが、2P状態のPsと高い確率で 反応する
- ▶ 実験で検証した
- 2. シリカエアロゲル表面において、化学的に活性な構造が存在する
- 3. 2P状態ではPsの内部束縛エネルギーが小さいため、シリカに対するPs の仕事関数が正となり、陽電子がバルクシリカに束縛される





2P消滅率は常磁性ラジカル量に依存しない



また、大気中で焼成しメチル基を飛ばした サンプルでも2P消滅現象がみえた 2Pの寿命が短い理由・2Pが死なないサンプルを探索中 真空中でのレーザー冷却実験にも取り組む

● <u>他の仮説の検証を考えている</u>

- シリカエアロゲル表面に化学的に活性な構造が存在する
- 2P状態ではPsの内部束縛エネルギーが小さくなったため、シリカに 対するPsの仕事関数が正になる
- ▶ シリカエアロゲルを用いないシリカキャビティを試してみる予定
- また、早期のレーザー冷却実現を目指し、真空中に飛び出たPsのレー ザー冷却実験を行う準備も進めている
- 他にもアイデアお聞かせくださるとありがたいです
  2Pが消滅する機構
  2Pが消滅しなさそうなPs生成サンプル など

# まとめ

- Ps-BEC実現を目指した冷却のためには、シリカ空孔中にいるPsを2P 状態に遷移させる事が必要
- 空孔中での2P状態のふるまいは良く分かっていないため、シリカエア ロゲル中のPsを紫外レーザーで励起する実験を行った
- シリカエアロゲル中で2P状態の寿命が短い現象が観測され、崩壊寿命は 30 fs 程度と非常に短いことが分かった
- 紫外レーザーによって、Psの生成率を小さく、1S状態の寿命を短くす るラジカルができることが観測された。ラジカル量と2P状態の消滅率 に相関はない
- 2P状態が消滅する機構の解明、使用可能なサンプルの探索を進めると ともに、真空中に飛び出したPsのレーザー冷却実現にも取り組む