室温イオン液体中の陽電子消滅寿命の温度依存性に関する研究

[a]日本原子力研究開発機構，[b]産業技術総合研究所

平出哲也[a], 満汐孝治[b], 小林慶規[b], 大島永康[b]

目 的

室温イオン液体（Room Temperature Ionic Liquid, RTIL）の利用が広がっているが，微視的物性評価は間接的手法が多い．陽電子と電子の結合状態であるポジトロニウム（Ps）は微視的なプローブである．RTIL中ではPsの存在状態が分子液体中とは異なり，温度依存性も全く異なることが予測された．産総研では，世界で唯一，液面上方から陽電子を入射でき，このビームの特徴を生かして，液体表面近傍とバルクにおける陽電子寿命の温度依存性を測定し，RTIL中のPsの存在状態とRTILの表面構造の温度効果について明らかにすることを目的とした．

成 果

Psは液体中では自ら周囲分子を押しのけサブナノバブル（Psバブル）を数十ピコ秒程度で形成し，そこに局在し，三重項Psの消滅率はこのPsバブルの大きさに依存する．一方，RTIL中ではPsバブルの形成は遅く，１ナノ秒程度を要し，図1に示すような1ナノ秒までの時間域におけるGHzで振動する消滅率から，Psバブルの振動が示された．これはマイクロエアバブルの振動などと異なり，Psバブルの大きさに依存せず，イオン間のクーロン力による構造からの反発で振動している可能性が示された．Psバブルの大きさはクーロン力による構造間の広さを反映し，他の液体のような昇温によるPsバブルの膨張は現れないと予想された．

RTILの蒸気圧はほぼゼロであり，図2に示す温度可変試料容器を用いて真空中で測定を行うことが可能である．図3に示す結果は，高温でPsバブルが膨張しないことを示しており，PsがRTILのクーロン力で作られたナノ構造のプローブとしてユニークかつ有望であることを示している．さらに，高温でも2 keVの入射エネルギーにおいて寿命が短くなっており，RTIL液体表面近傍でクーロン力による表面構造が存在することも示された．また，三重項Psがナノ秒領域で反応していることも新たにわかり，新しい研究にも波及している．

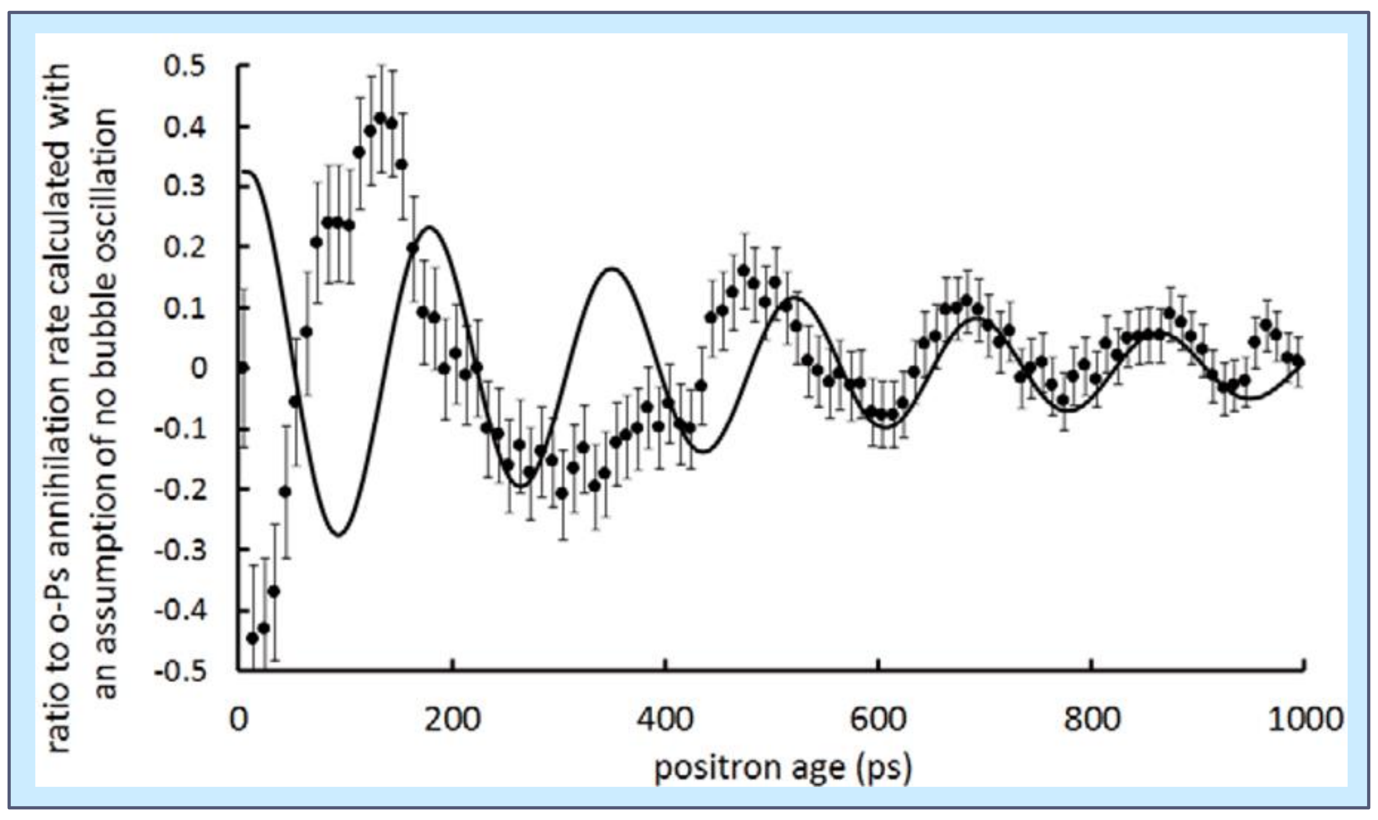

図1 RTIL中で観測された陽電子消滅率に現れる指数減衰しない成分．500ピコ秒からみられる振動が三重項Ps(*o*-Ps)消滅率の振動を示している．T. Hirade, JJAP Conf. Proc. (2014) 011003 .

図2 垂直型低速陽電子ビームチャンバー内に設置した温度可変液体測定用試料容器．この容器にRTILを入れ，液面上方から陽電子を入射し，液体試料内部における陽電子消滅寿命測定を実施した．現状，液体試料に対応できる実験施設は産総研のみであり，今回の測定では陽電子エネルギーは 2 keV と12 keVで液体表面近傍とバルク中の測定を実施した．

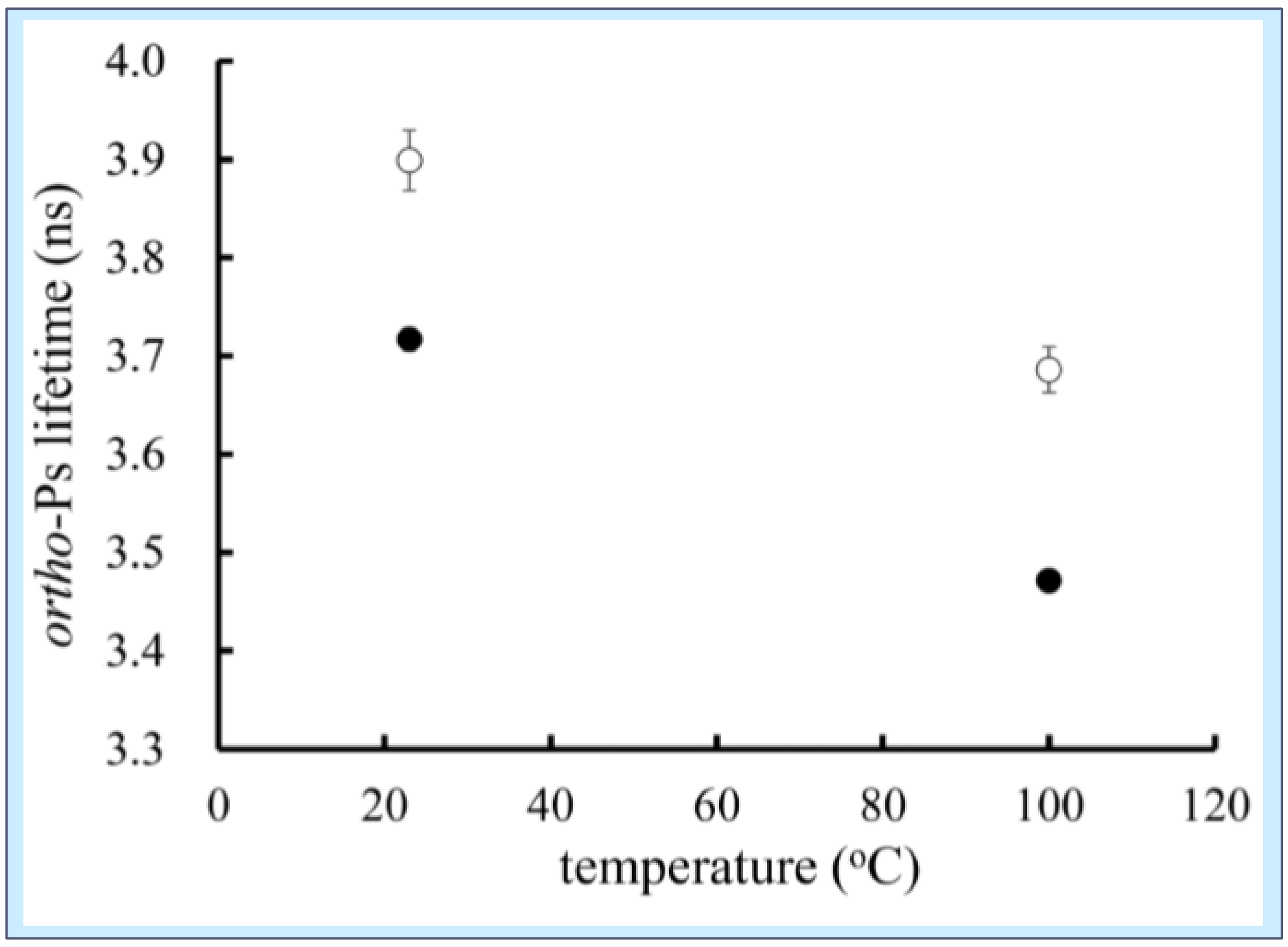

図3 RTIL中の三重項Ps (*o*-Ps) 消滅寿命の温度依存性．陽電子は液面上方から入射し，エネルギーは 2 keV (●) 12 keV (○). 液体表面からの 陽電子の平均打ち込み深さはそれぞれ，80 nm，1480 nmである．

実施機関からのコメント

利用者は微視的なプローブである陽電子・ポジトロニウムを用いて、イオン液体の物性を探るユニークな研究を展開している。本利用申請では、液体表面の微細な空隙構造評価が可能な産総研垂直型陽電子ビームラインに専用の温度可変液体測定用容器を導入して、イオン液体表面でのポジトロニウム寿命を測定し、その温度依存性を観察することに世界で初めて成功した。

（支援実施者：満汐孝治，小林慶規，大島永康 ）

問い合わせ先：産業技術総合研究所　先端ナノ計測施設（ANCF ）事務局
E-mail: ancf-contact-ml@aist.go.jp,　Phone: 029-861-5300
ホームページ　 https://unit.aist.go.jp/rima/nanotech/index.html