

革新的材料開発を支える「ナノ空孔」標準

陽電子寿命の高信頼性計測と世界初の空孔標準物質



伊藤 賢志

いとう けんじ

k-ito@aist.go.jp

計測標準研究部門
先端材料科 材料分析研究室
主任研究員
(つくばセンター)

2003年入所以来、ナノ空孔の高感度評価に関する研究および標準開発に取り組んできました。陽電子寿命法の標準物質開発を皮切りに、ほかの手法の標準へと展開を図りながら、究極のナノ空孔計測の標準確立を目指し、日々励んでいます。

関連情報：

● 共同研究者

小林 慶規、鈴木 良一、大平 俊行、大島 永康 (産総研)

● 参考文献

[1] 伊藤 賢志：放射線化学，83，2-9 (2007)。

[2] 伊藤 賢志：多孔体の精密制御と機能・物性評価，220-228 (2008)。

[3] K. Ito and Y. Kobayashi: *Acta Phys. Pol. A*, 107(5), 717-723 (2005)。

[4] K. Ito *et al.*: *J. Appl. Phys.*, 98(9), 094307 (2005)。

[5] K. Ito *et al.*: *J. Appl. Phys.*, 104, 026102 (2008)。

陽電子-人類が初めて手にした反粒子

1930年代にアンダーソンが発見した、正の電荷をもつ陽電子は電子の反粒子です。電子と対消滅してエネルギーに変換される性質を利用した陽電子放出断層撮影法 (PET) などの技術で使われるこの粒子は、物質中の微細空隙に敏感で、その消滅時間は電子密度に依存します。このため、「分子のすきま：ナノ空孔」を高感度分析することができ^{[1][2]}、次世代半導体用層間絶縁膜、海水淡水化分離膜、燃料電池用電解質膜など先端材料の開発に役立てられています^{[3][4]}。しかし、計測法の標準が確立していなかったため、データの信頼性を評価することが困難でした。

陽電子寿命計測技術の高信頼性化と超微細空孔認証標準物質

これまでにないナノ空孔計測の標準を確立するため、空孔サイズを分析できる陽電子寿命法に注目し、寿命計測の高精度化および高信頼性化を目指しました。絶縁性材料中で数ns程度になる陽電子の平均寿命は、陽電子線源から一つの陽電子と同時に発生するガンマ (γ) 線と、材料中の陽電子消滅により発生する γ 線の時間差を百万回以上積算して測定されます (図1)。測定の信頼性を高めるには、発生と消滅の時間差を、いかに精度良く、かつ、長時間安定して計り続けられるかがキーとなります。そのために高精度デジタルオシロスコープを利用した SI トレサブルな陽電子寿命計測システムを開発しました。このシステムでは、独自開発した数値処理技術により、デジタルサンプリ

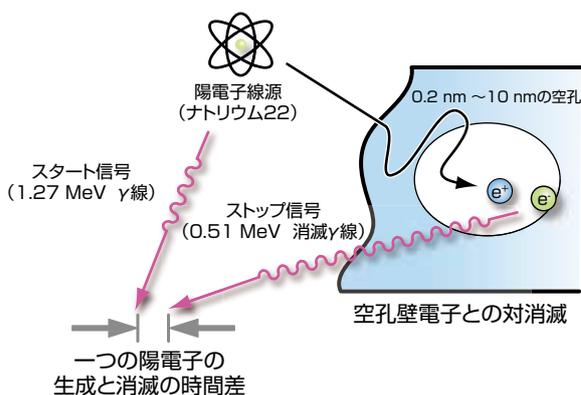


図1 陽電子寿命測定の実理

ングされた γ 線の検出波形を個々に精密評価して寿命データを取得します (図2)。これにより、約150 ps という世界最高水準の時間分解能での高安定性計測を達成し、陽電子寿命を正確に測定できるようになりました。この技術を適用して、2009年度までに高純度石英ガラスとポリカーボネートを基材とする2種類の超微細空孔測定用認証標準物質を開発し、供給を開始しました (図3)。これら標準物質は、それぞれ空孔半径として0.26 nm、0.29 nmに相当する陽電子の平均寿命 (それぞれ、1.63 ns、2.10 ns) を認証値としてもちます。

将来の展望

開発した標準物質は試験所間比較試験に利用される^[5]など、陽電子寿命法の測定規格の確立に貢献しているとともに、現在、国内外の大学など研究機関や分析サービス企業において利用されています。今後はナノ空孔の制御が重要な革新的機能材料の研究開発の場で活用されることを期待しています。

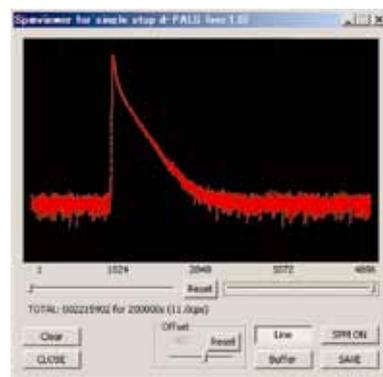


図2 陽電子寿命データの例
測定試料は高純度石英ガラス。横軸は時間に対応する (この図では1チャンネル当たり10 ps)。



図3 超微細空孔測定用認証標準物質 (NMIJ CRM 5602a)