



物質中のナノ空間解析と 環境科学分野への応用

佐藤公法(さとうきみのり)

東京学芸大学 広域自然科学講座 環境科学分野



本日の内容

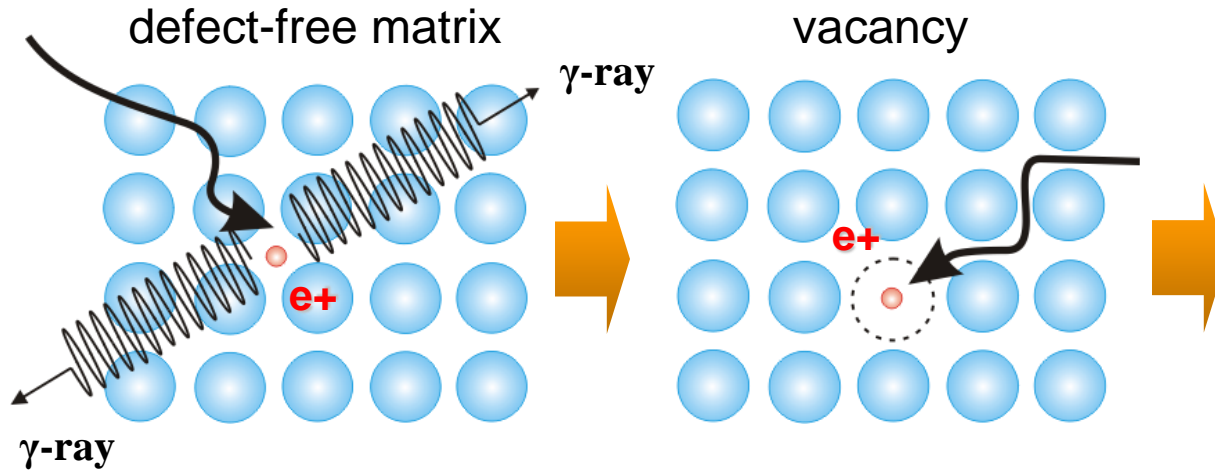
平成22年度(第32回)研究助成

「ガラス材料への物質分散・移行メカニズムに関する基礎研究」

➡ ガラス材料中のナノスケールの空間(ナノ空間)を評価する手法

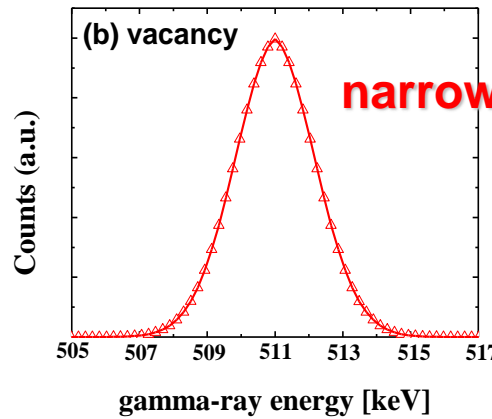
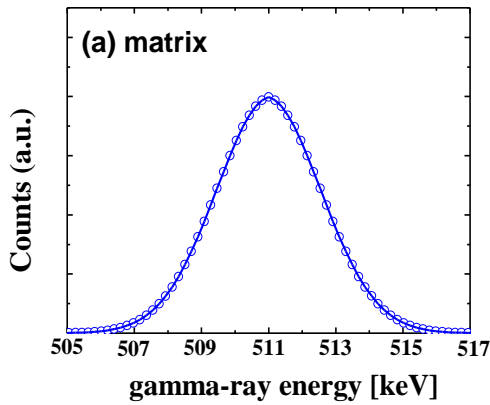
➡ 環境科学分野への応用 ... セシウム特異吸着の研究

金属中における陽電子の挙動



陽電子寿命測定

- 空間サイズ



**(同時計数)ドップラー
ラー拡がり測定**

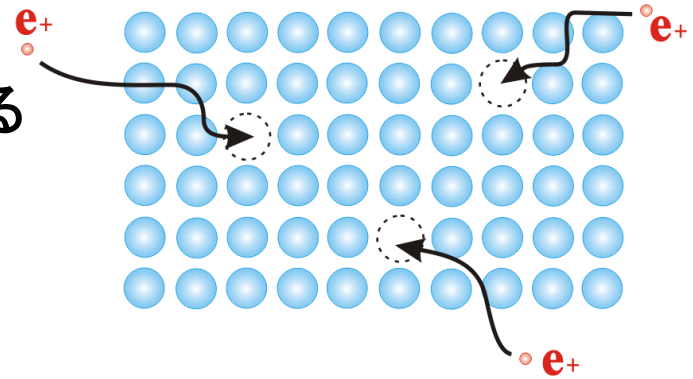
- 空間検出
- 周辺のエレメント分析



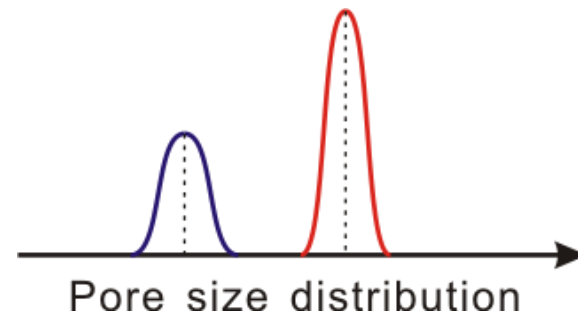
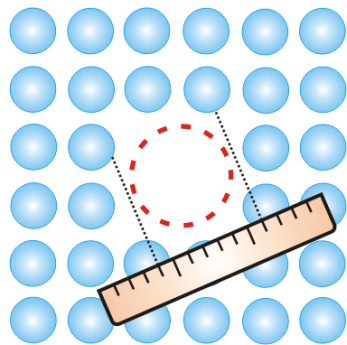
陽電子による金属材料中のナノ空間の評価

1. 検出

とても敏感, 10^{-6} at. %で検出にかかる
周期性に依存しない

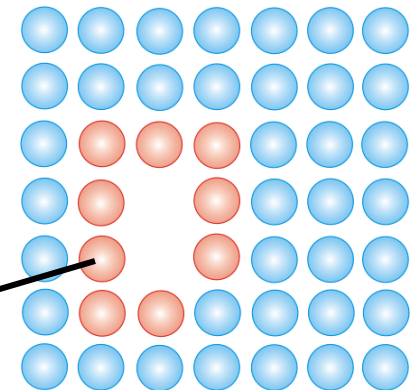


2. サイズやサイズ分布



3. 空間近傍の元素情報

Aluminum or Iron?

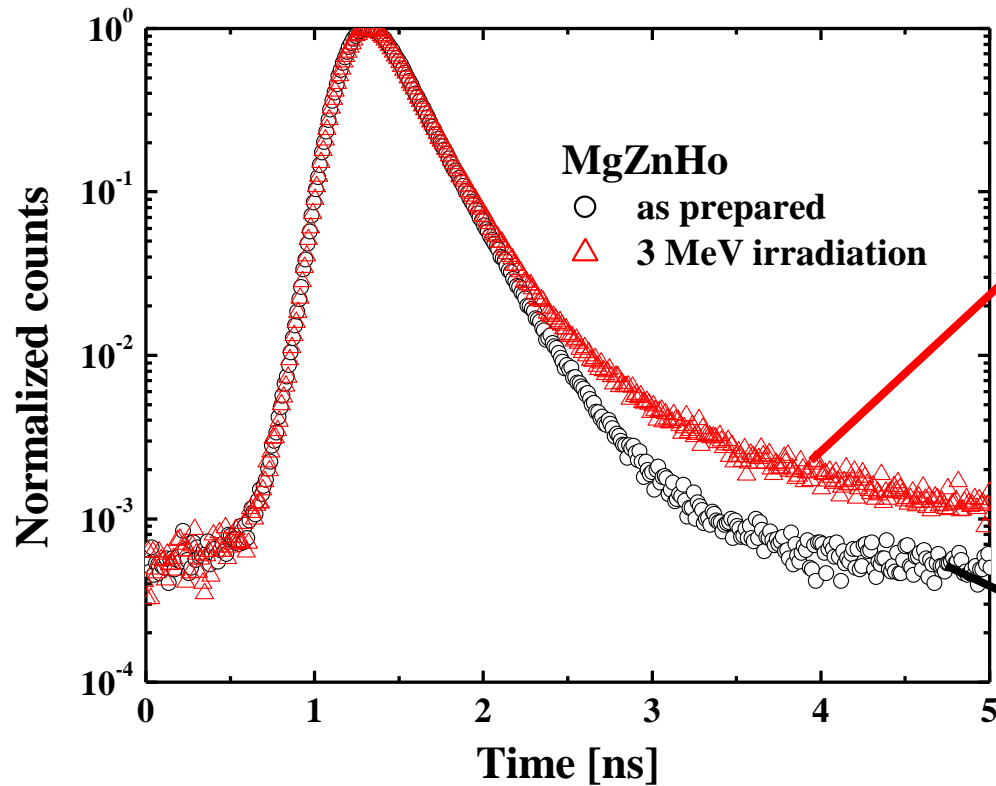




陽電子寿命測定の実例

試料: MgZnHo

3.0 MeV電子照射 (DYNAMITRON, Stuttgart Univ.)



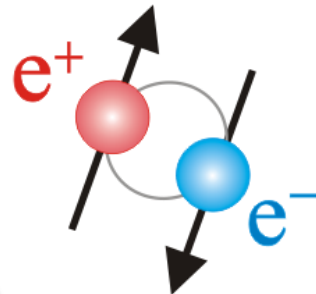
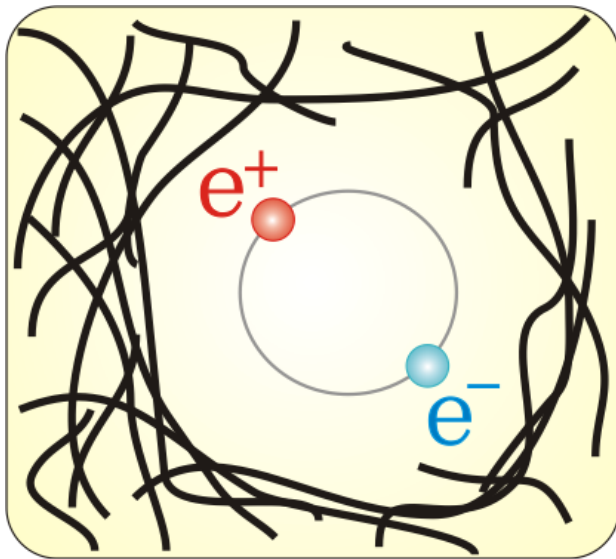
陽電子寿命: 200 ps, 500 ps (10%)
構造型原子空孔
+
大きめの穴が生成

陽電子寿命: 200 ps (100%)
構造型の原子空孔



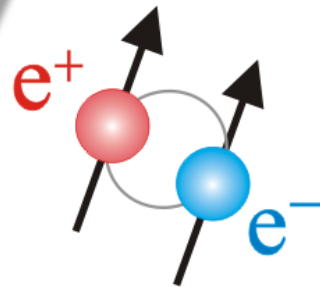
ガラス, 高分子材料中の陽電子の挙動

ポジトロニウム (Ps)



para-Ps (p-Ps)

120 ps lifetime



ortho-Ps (o-Ps)

142 ns lifetime



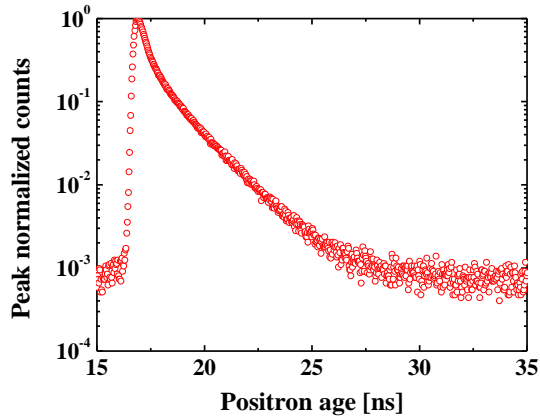
短くなる

ピックアップ消滅

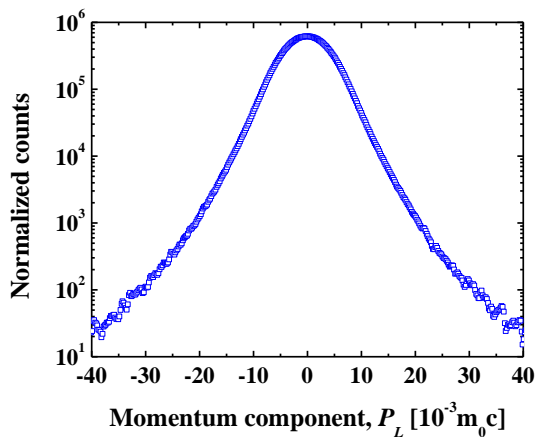


陽電子寿命-運動量相関計測 (AMOC)

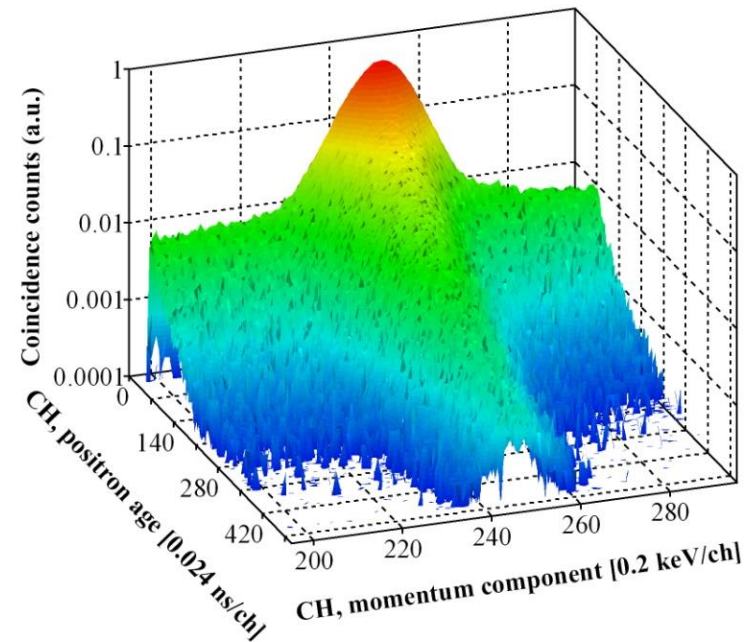
寿命スペクトル



ドップラースペクトル



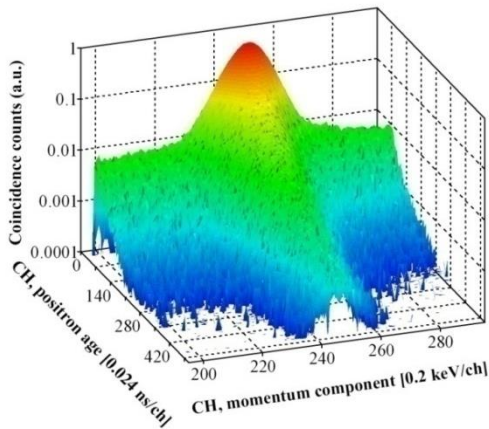
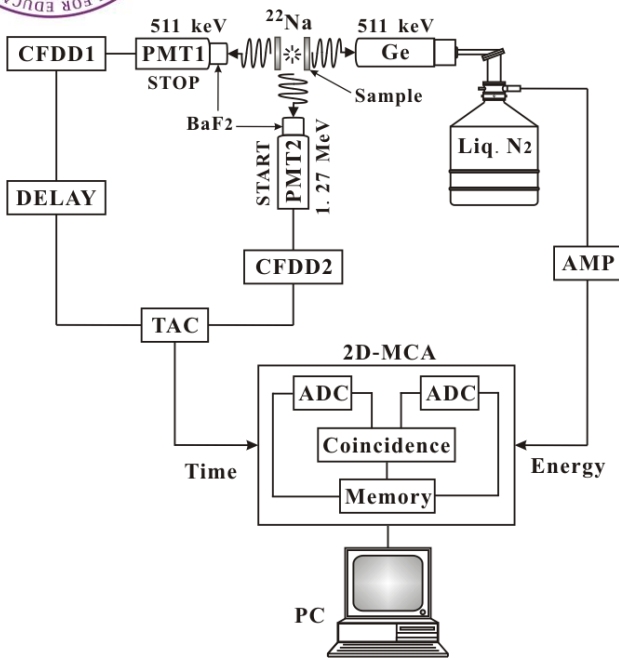
試料: SiO_2



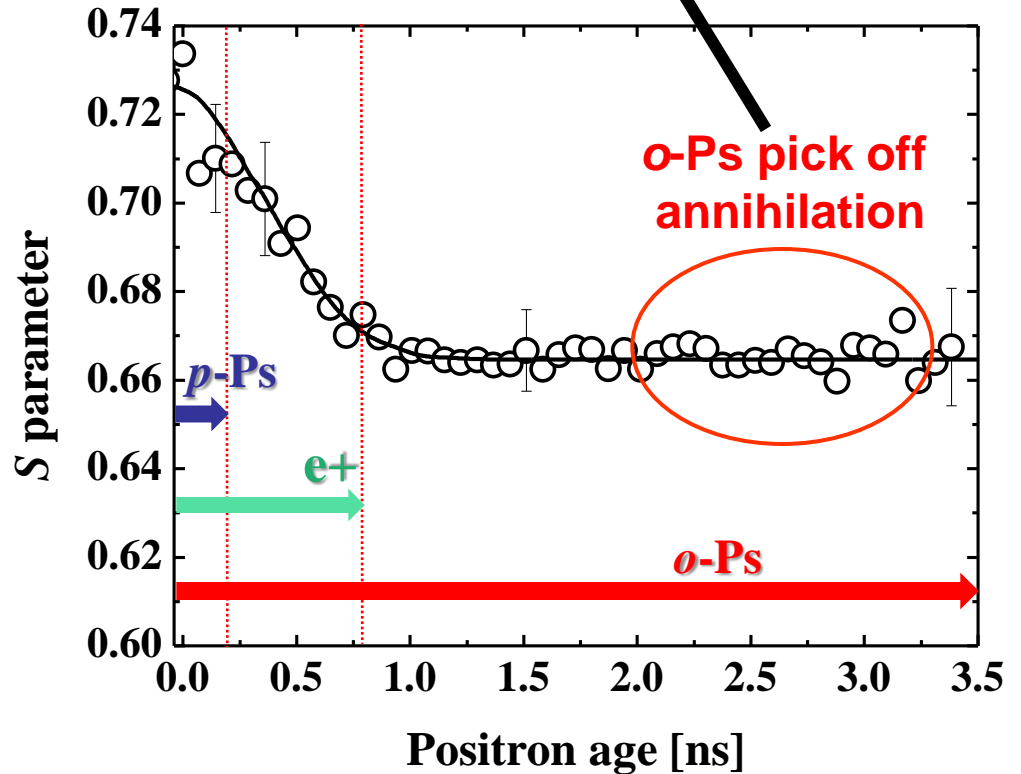
K. Sato et al., *Macromolecules* **42**, 4853 (2009).



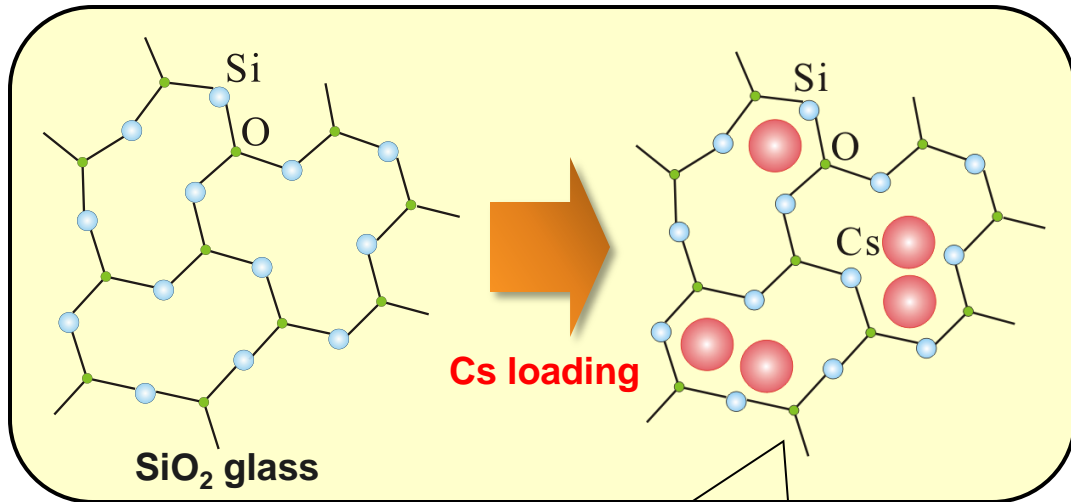
SiO₂のS-tプロット



ナノ空間近傍の元素情報を持っている

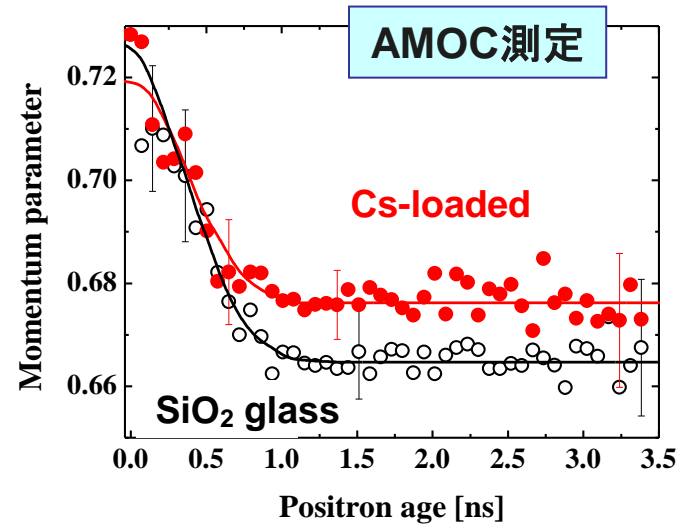
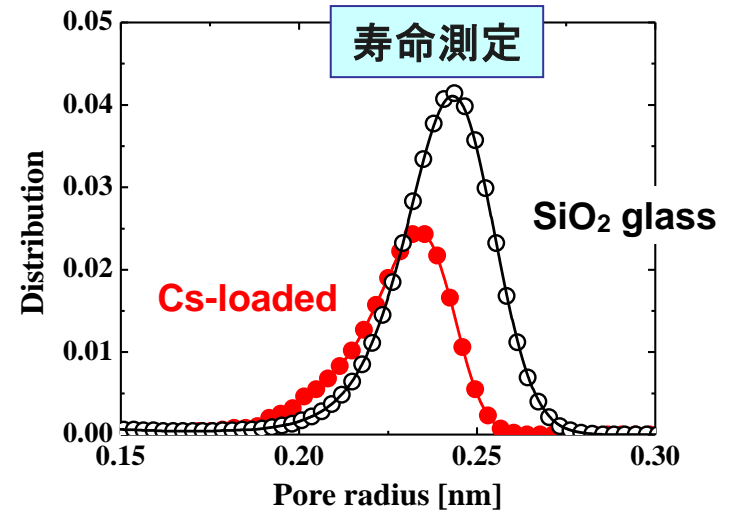


o -Ps元素依存性



It is expected that

- the size of open spaces are reduced,
- elemental environment changes from Si and O to Si, O, and Cs.



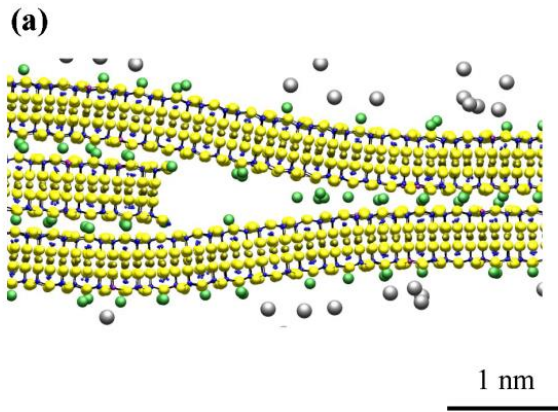


ナノ空間の評価

	サイズ	周辺の元素情報
金属材料	陽電子寿命	ドップラー拡がり
ガラス, 高分子材料	o -Psピッキングオフの寿命	o -Psピッキングオフ のドップラー拡がり

Psが検出したナノ空間

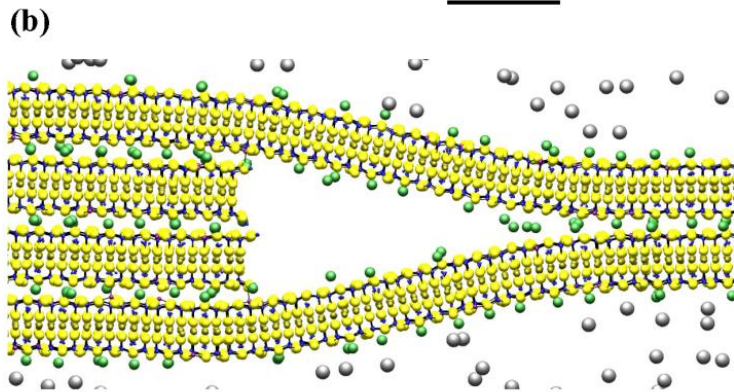
分子動力学計算 (MD) の結果



小さい空隙の
サイズと一致

Type A

水和が進んで支配的, intrinsicな構造



大きい空隙の
サイズと一致

Type B

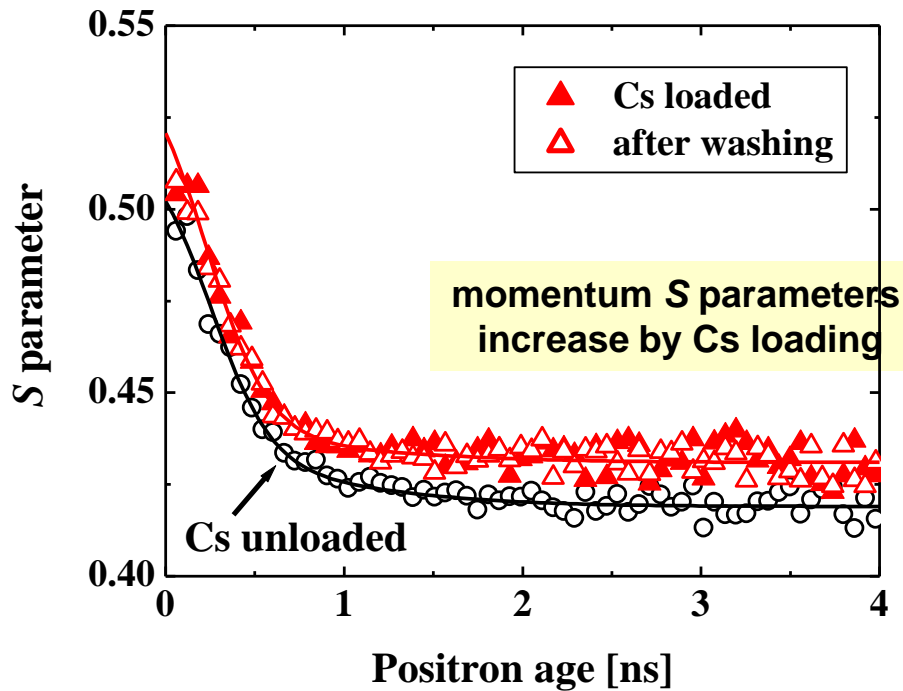
水和前に支配的, metastableな構造

Type Aへのセシウム吸着

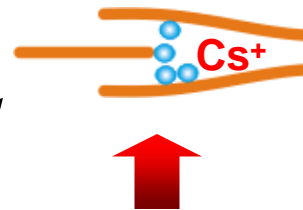
Hydrated



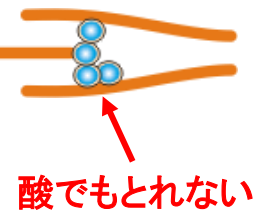
- Type Aにはセシウムが吸着する。
- pH1の高濃度酸でもとれない。



セシウム吸着



セシウム特異吸着



セシウムなし

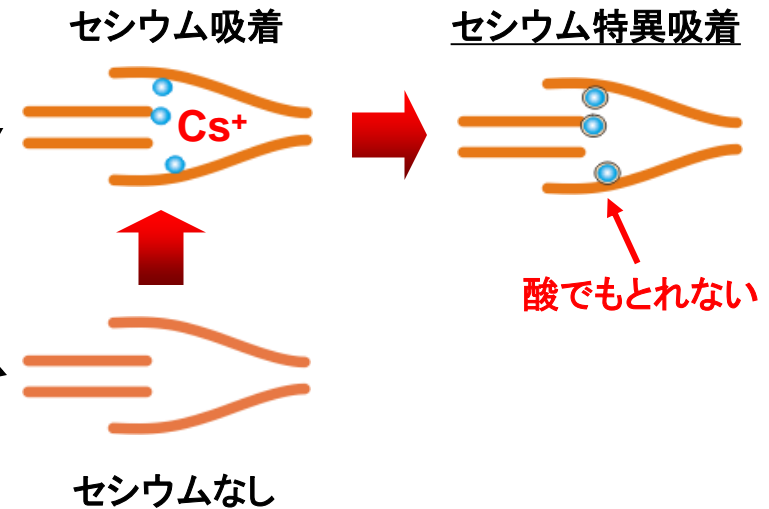
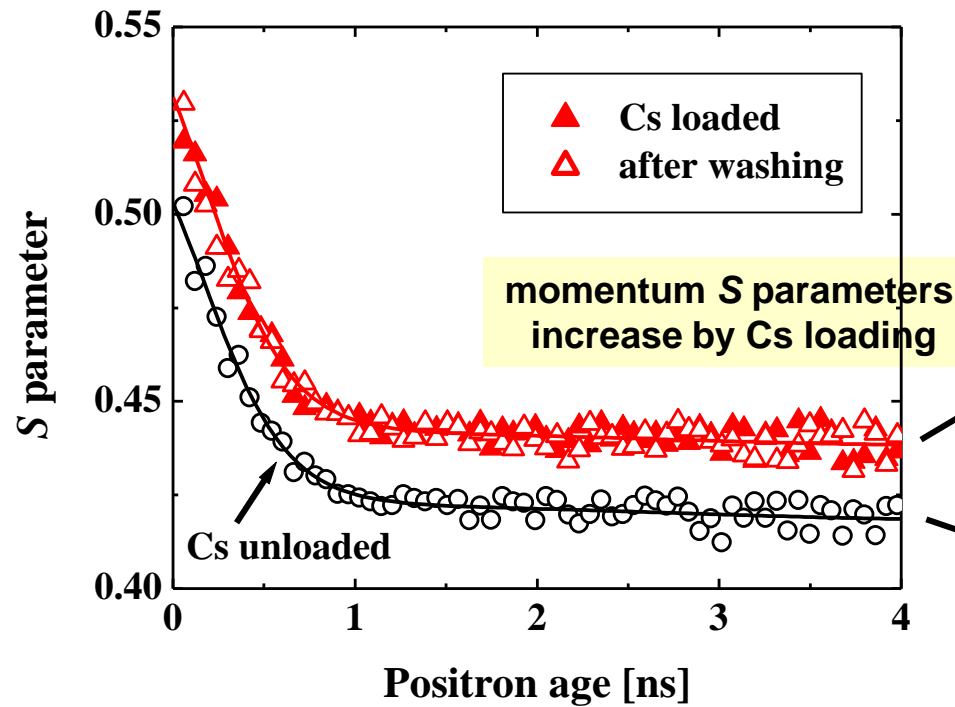


Type Bへのセシウム吸着

Dehydrated



- Type Bにもセシウムが吸着する。
- pH1の高濃度酸でもとれない。





まとめ

1. 陽電子はガラス, 高分子を含めた任意の材料中のナノ空間評価に有効。
2. 環境科学の分野への応用も期待できる。