

第3-1グループ

量子ビーム科学

研究室説明



量子ビーム科学 グループ構成

3-1 量子ビーム科学 (桂、宇治)

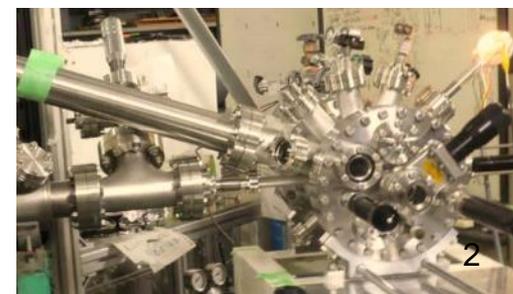
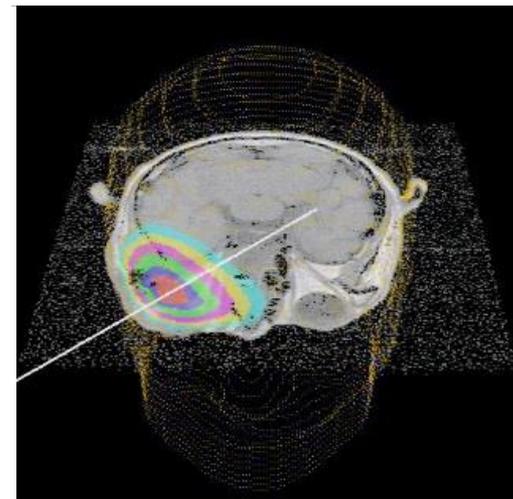
◆ 基礎研究

齊藤学, 土田秀次, 間嶋拓也, 今井誠

◆ 工学応用研究

瀬木利夫

◆ グループ所属学生 (23名)



量子ビーム科学基礎研究メンバー

研究テーマ一覧

スタッフ



斉藤学



土田秀次



間嶋拓也



今井誠

タンデトロン加速器

分子解離

陽電子

固体電池

マイクロビーム加速器

液滴（孤立ナノ粒子）

液体ジェット（生体環境）

高速クラスター

バンデグラフ加速器

イオンビームトラップ

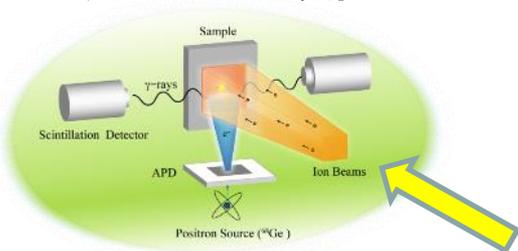
原子分子衝突断面積（核融合）

高速イオンビームを用いた原子分子レベルでの物理・工学

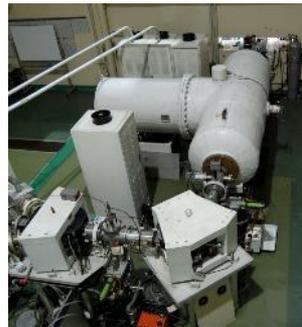
～ミクロな世界を探る“量子ビーム科学”～

連絡先
saito@nucleng.kyoto-u.ac.jp

リアルタイム観察



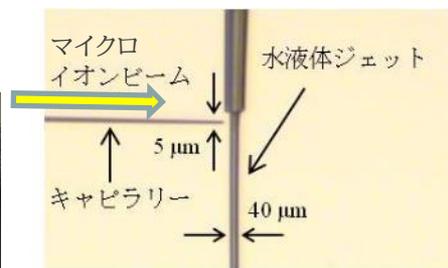
イオン照射極端
環境下での物性
解明



3台のイオン加速器を駆使して
高速イオンビームを作り出す

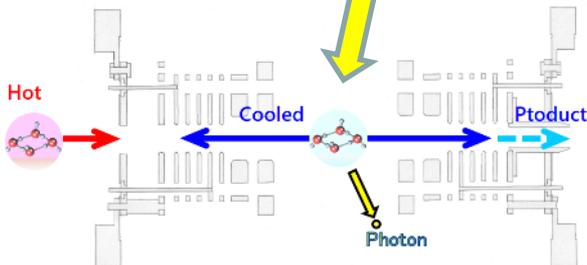


液体物質の
照射効果研究



液体・液滴ターゲット
先端技術

宇宙空間分子進化
への放射線影響

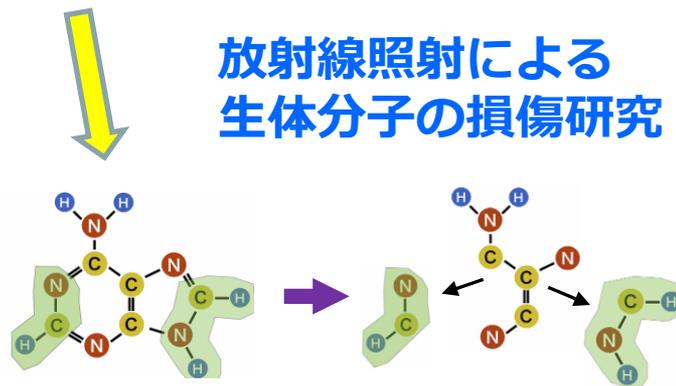


超高真空イオンビームトラップ技術

独自の技術と
アイデアで
原子空間の
反応を解明！

<http://www.nucleng.kyoto-u.ac.jp/Groups/Gr3/>

放射線照射による
生体分子の損傷研究



分子解離ダイナミクス

分子解離

研究目的：

MeVイオン衝突における 分子反応ダイナミクスの解明

MeVイオンと**孤立1分子**の衝突反応の基礎的研究

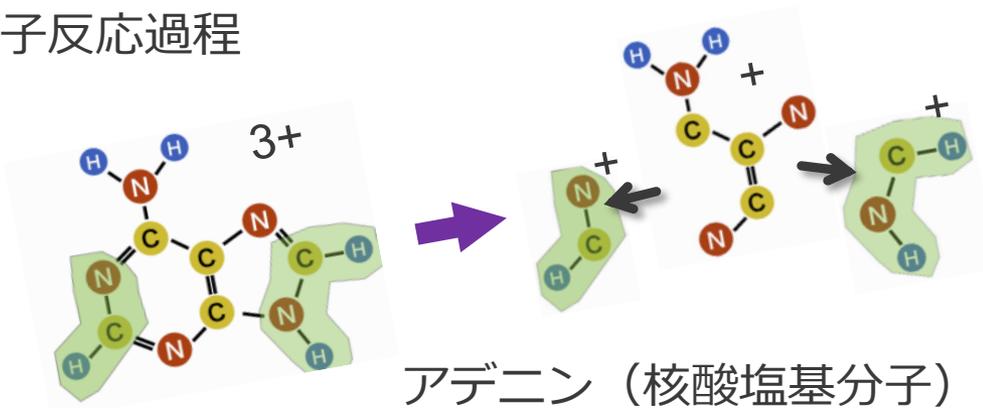
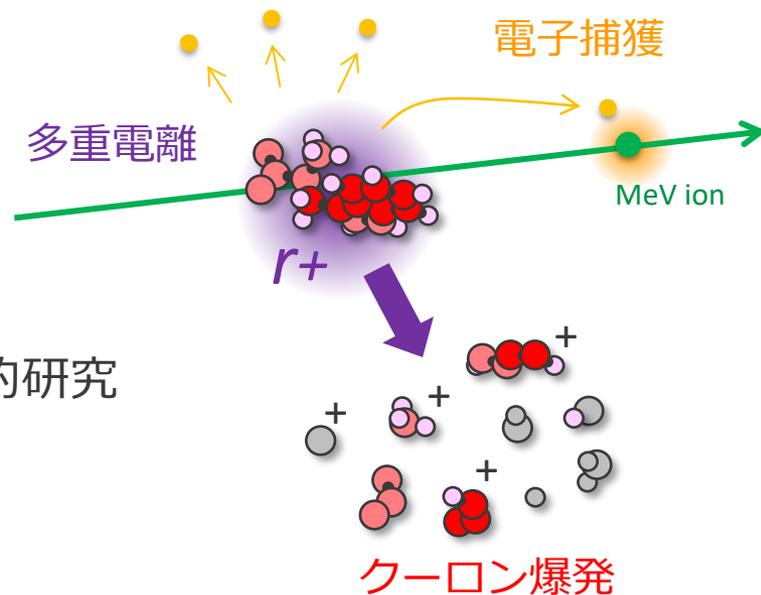
高度な多重同時計測技術を用いて、
原子レベルの未知の反応過程を露わにする。

現在のねらい：

1. 多原子分子（生体分子など）の分子反応過程
2. 多重電離に伴うクーロン爆発過程
3. 新奇な負イオン生成過程

実験場所：

タンデトロン加速器・高性能ビームライン

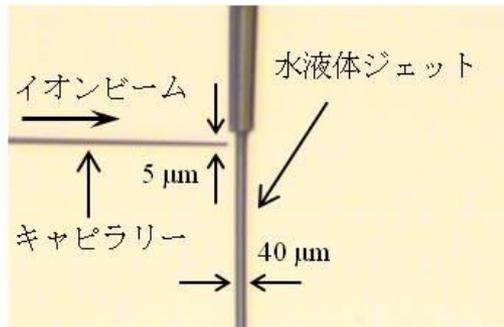


液体ジェット (生体環境) 細胞内で起こる放射線損傷反応を実験室で再現

研究目的 :

粒子がん治療の高度化や人体への放射線影響の原子レベルでの解明

液体ジェット法で生体環境を再現



現在のねらい :

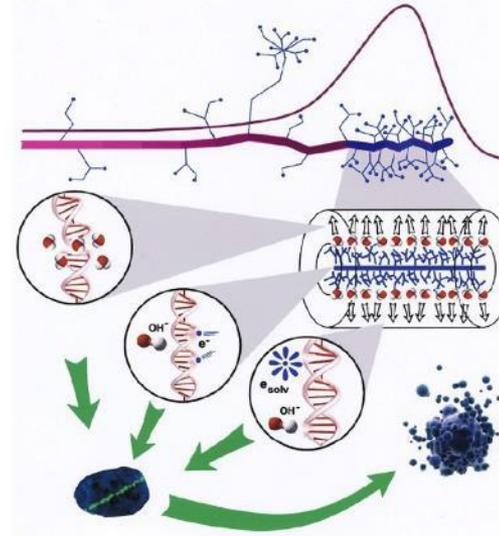
生体分子の放射線損傷において

- ① 液体の水の役割は何か
- ② 二次電子のエネルギーによって生体分子の壊れ方は違うか？

実験場所 :

マイクロビーム加速器・A1ライン

ブラッグピーク内で起こる反応



液体環境
電子励起

E. Surdutovich and
A.V. Solov'yov, Eur.
Phys. J. D (2014) 68:
353

用いる生体分子

DNA構成分子 (ヌクレオチド)やアミノ酸ペプチド分子など

用いるビーム

イオンビームだけでなく、レーザーや電子ビームも使用

液滴（孤立ナノ粒子）

研究目的：

MeVイオン衝突における ナノレベルの分子反応過程の解明

MeVイオンと微小液滴の衝突反応の基礎的研究

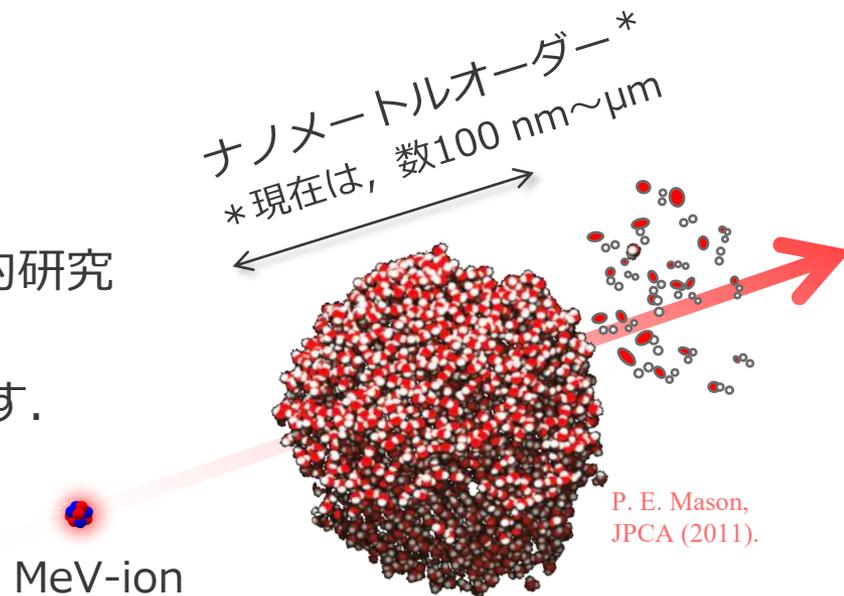
新規な微小液滴の標的を実現し、
ナノレベルの複雑な反応過程の解明を目指す。

現在のねらい：

1. 重イオン衝突に特有な放射線化学
2. ナノサイズへの微小化の効果の検証
3. 分子反応における溶媒分子の効果

実験場所：

マイクロビーム加速器・A3ライン



陽電子

電子の反粒子が持つ特異性を活かして放射線環境下の状態を観る

研究目的：

宇宙放射線環境下における材料の損傷挙動をナノレベルで解明

陽電子消滅寿命・運動量相関測定 (AMOC測定) その場観察法で調べる

現在のねらい：

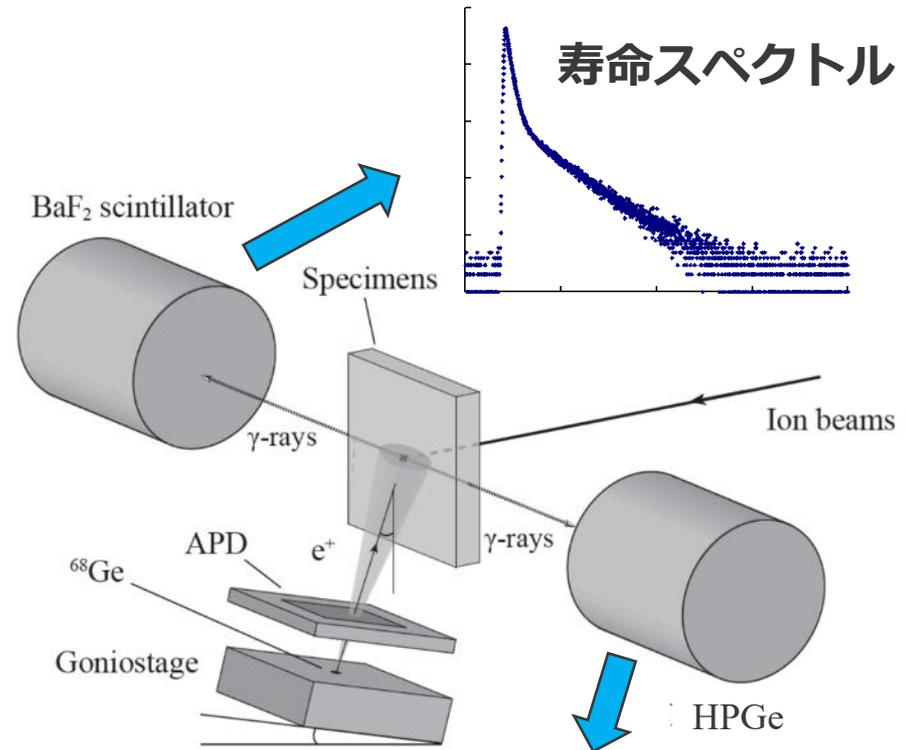
放射線照射環境下において

- ① ラジカル (活性種) の挙動はどのようにになっているか？
- ② 損傷の自己回復機構 (放射線照射で壊れない) はどのようにになっているか？

実験場所：

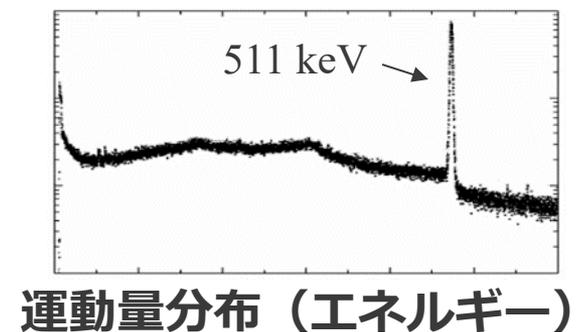
タンデム加速器・PIXEライン

開発した照射下AMOC測定法



研究対象の物質

光ファイバー (ガラス) など



イオンビームトラップ

分子・クラスタービームを閉じ込めて、ダイナミクスを長時間観測する

研究目的：

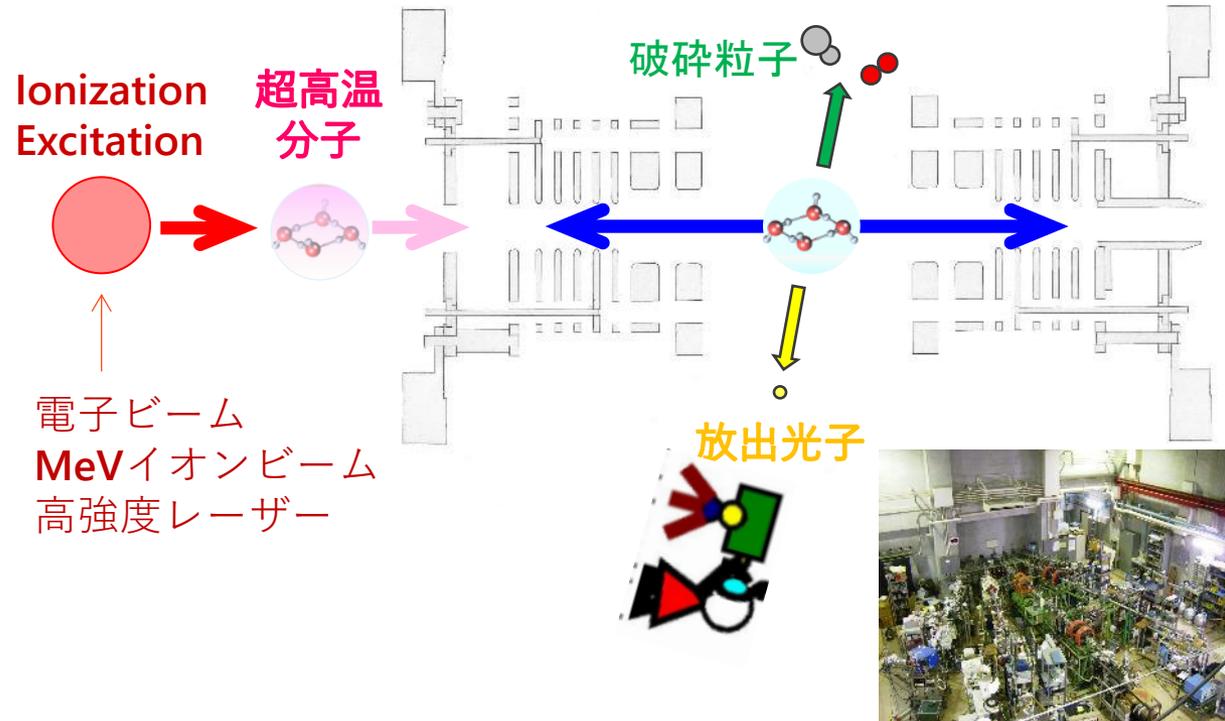
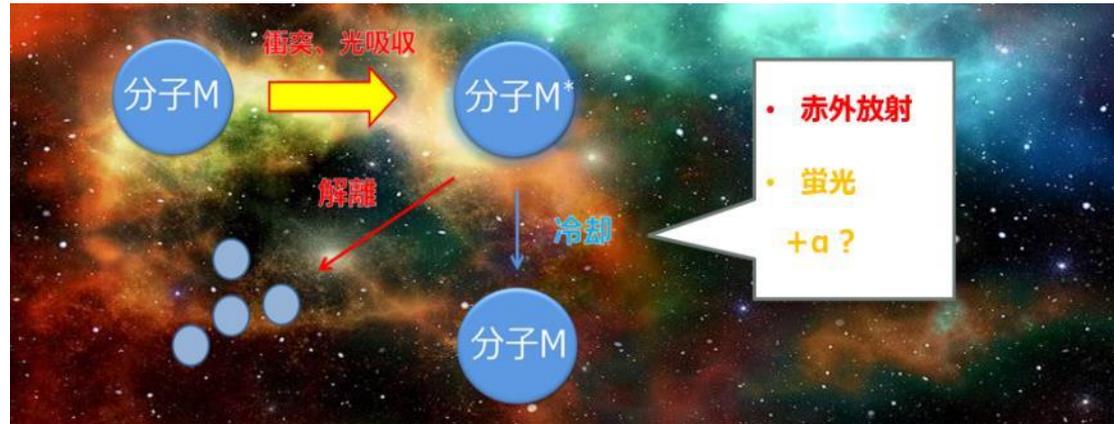
- ・ 宇宙空間における有機分子、クラスターの生成過程を解明

現在のねらい：

- ① 宇宙空間の分子の観測をどのように実験室で再現するか？→技術
- ② 高速冷却機構の発見とメカニズムの解明

実験場所：

バンデグラフ加速器
No.7ライン



高速クラスター

表面界面工学・生命科学への応用に向けた基礎研究

研究目的：

高速クラスタービームの原子集団衝突現象を解明

現在のねらい：

集団衝突現象において **中江駿哉**

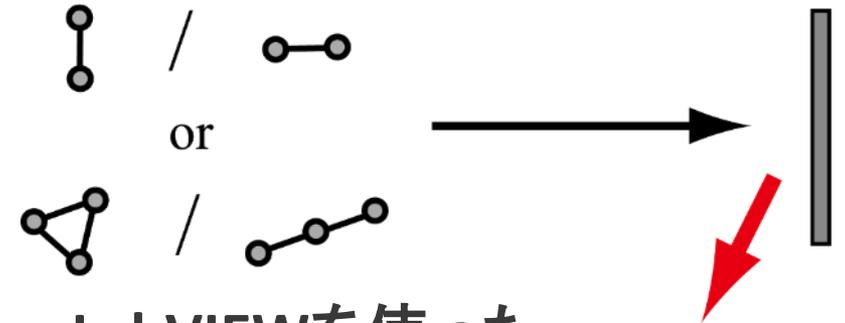
- ① 分子軸の向きによる効果はあるか？
- ② 分子・クラスターの立体構造による効果はあるか？

これらは、表面分析、ナノ加工、粒子ビーム育種技術への有用性を調べる

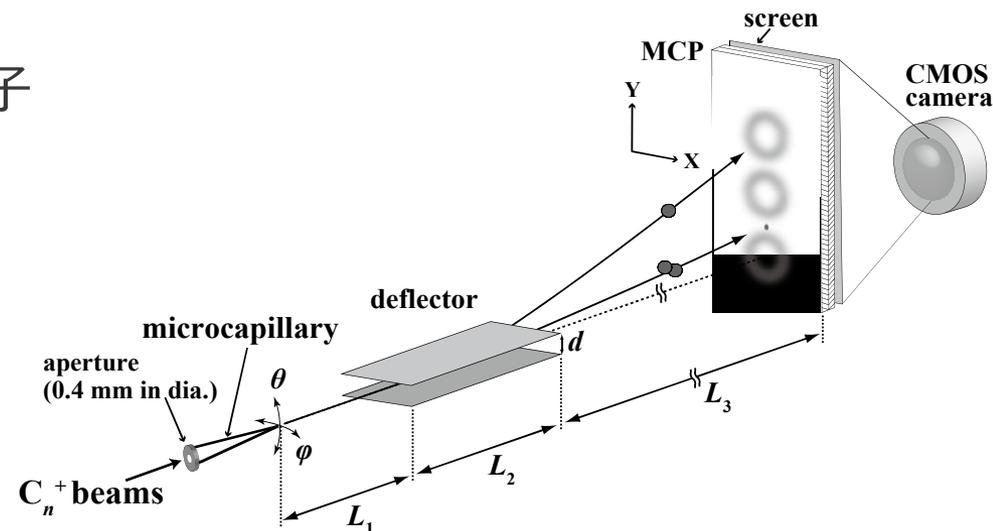
実験場所：

マイクロビーム加速器・B0ライン

分子の向き・構造の違いによる衝突現象



LabVIEWを使った分子イメージング測定装置



全固体電池 (TOF-ERDA)

研究目的 :

TOF-ERDA法を用いた 全固体Liイオン電池の分析

MeVイオンを用いた高度な軽元素分析

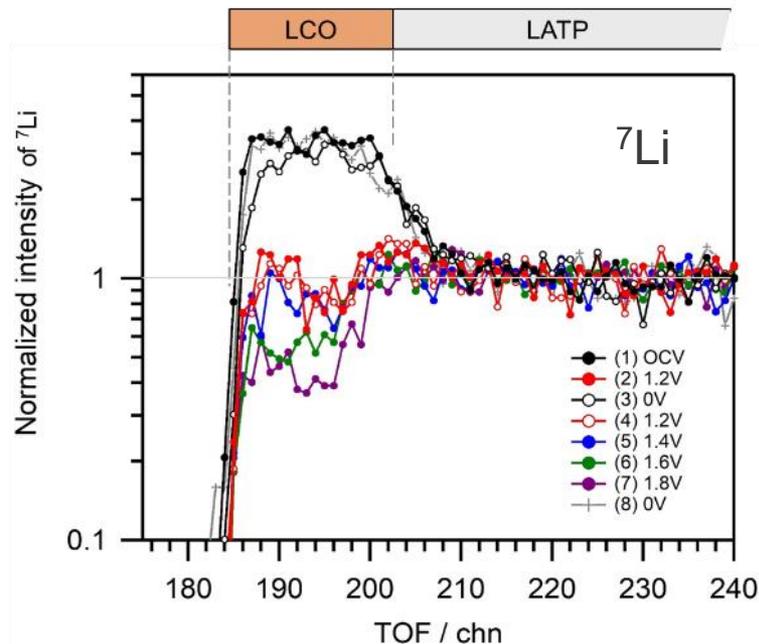
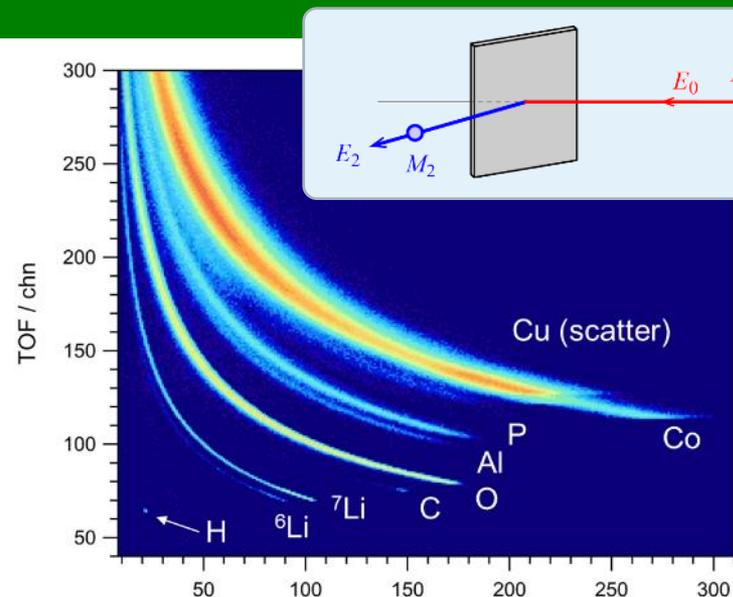
HやLiなどの軽元素の、表面からの深さ分布を直接測定できる (X線などの他の手法では難)

現在のねらい :

1. 充放電中のLi分布のその場観察
2. 電極界面のナノレベルの振る舞いを解明
3. ERDA分析手法の高度化

実験場所 :

タンデトロン加速器・RBSライン



原子分子衝突断面積測定・評価と利用



IAEA

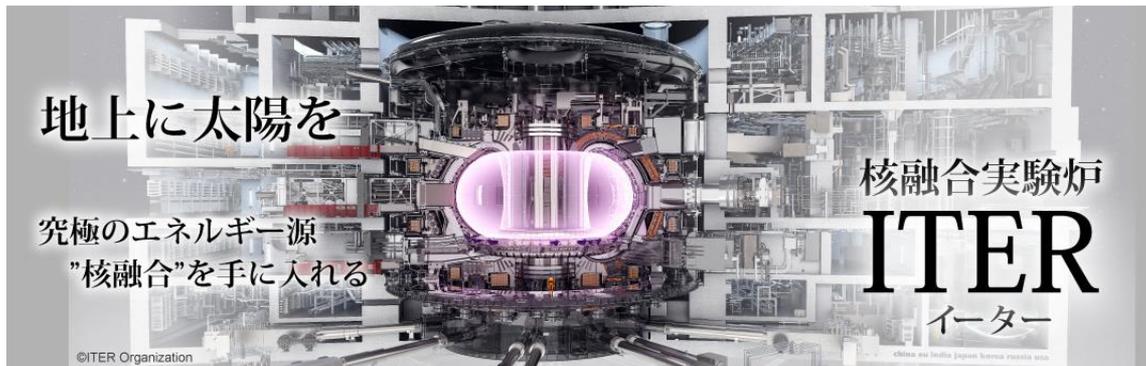
International Atomic Energy Agency

International Atomic Energy Agency Coordinated Research Project Properties of Tungsten Ions in Fusion Plasmas

1. Ionisation from metastable states of low ionisation stages of W
2. Neutral and proton collisions with low ionisation stages of W
3. Spectroscopic analysis of low and medium ionisation stages



ALADDIN
Numerical database maintained by
the IAEA Nuclear Data Section A-M Data Unit



核融合 $D + T \rightarrow He + n$ (14.06 MeV) の裏で核融合反応の10,000倍以上の原子・イオン衝突反応が必要

- 核融合炉の形式・設計・規模が変わるごとに必要な反応が級数的に増加
- 現在最も深刻なタングステンの反応次第では、現行の設計を全面的に見直さなければならなくなるかもしれない
- IFRCにてCPR採択 → IAEA Atomic and Molecular Data Unit より本研究室に参加依頼

量子ビーム科学工学応用研究メンバー

スタッフ

瀬木利夫



研究テーマ一覧

先端SIMS分析技術の開発

ガスクラスターSIMS

大気MeV-SIMS

先端エッチング技術の開発

**液滴・クラスタービーム
エッチング**

量子ビームによる革新的ナノプロセス・評価技術の開拓

～独創的な量子ビームで未来を拓け～

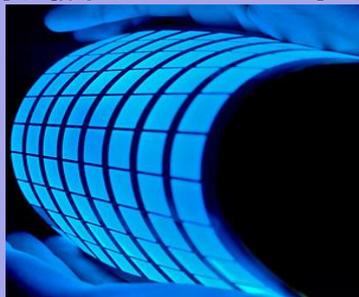
電池開発



創薬



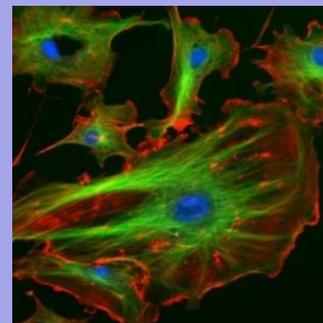
有機デバイス開発



化学製品開発



生命現象の解明



これらの研究を支える最先端の評価技術を開発し貢献する

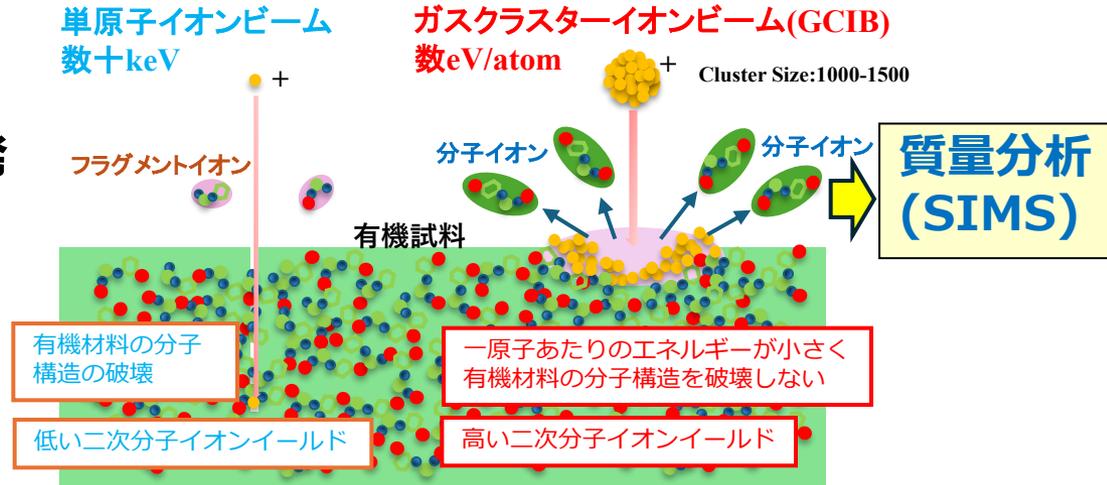


ガスクラスター (GCIB-SIMS)

研究目的 :

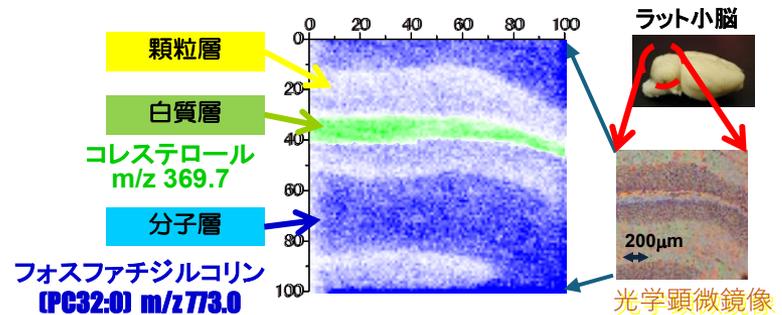
生体高分子の可視化技術の開発

GCIB-SIMSを用いて生体高分子の可視化技術及び3Dイメージング技術を発展させ、薬物動態や生命科学の解明を目指す



現在のねらい :

1. 高輝度・高加速・高集束クラスターイオン源開発
2. 分子イオンの高感度化技術の開発
3. 二次イオンの分子乖離メカニズムの解明



高分解能化・測定の高速度化

実験場所 :

総合研究実験1号棟 1階実験室



高感度化

薬物動態
生命科学
の解明

固液界面分析 (MeV-SIMS)

研究目的：

固液界面のオペランド分析技術の開発

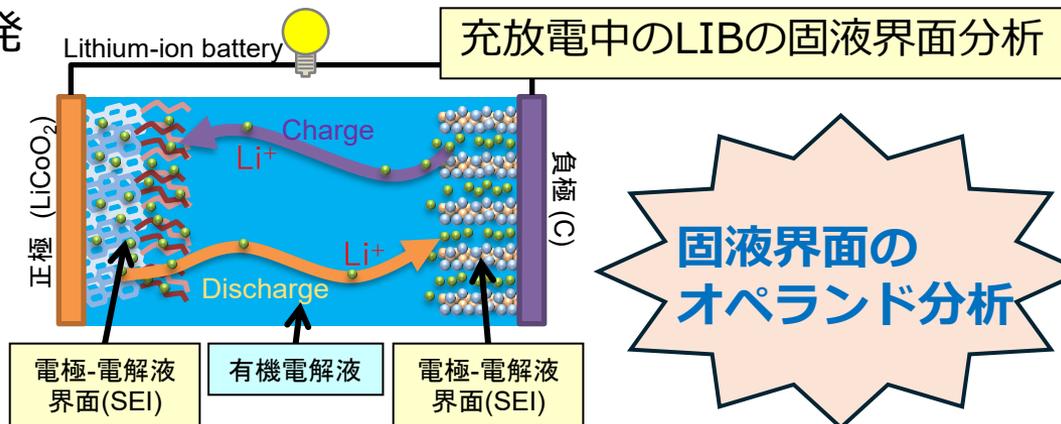
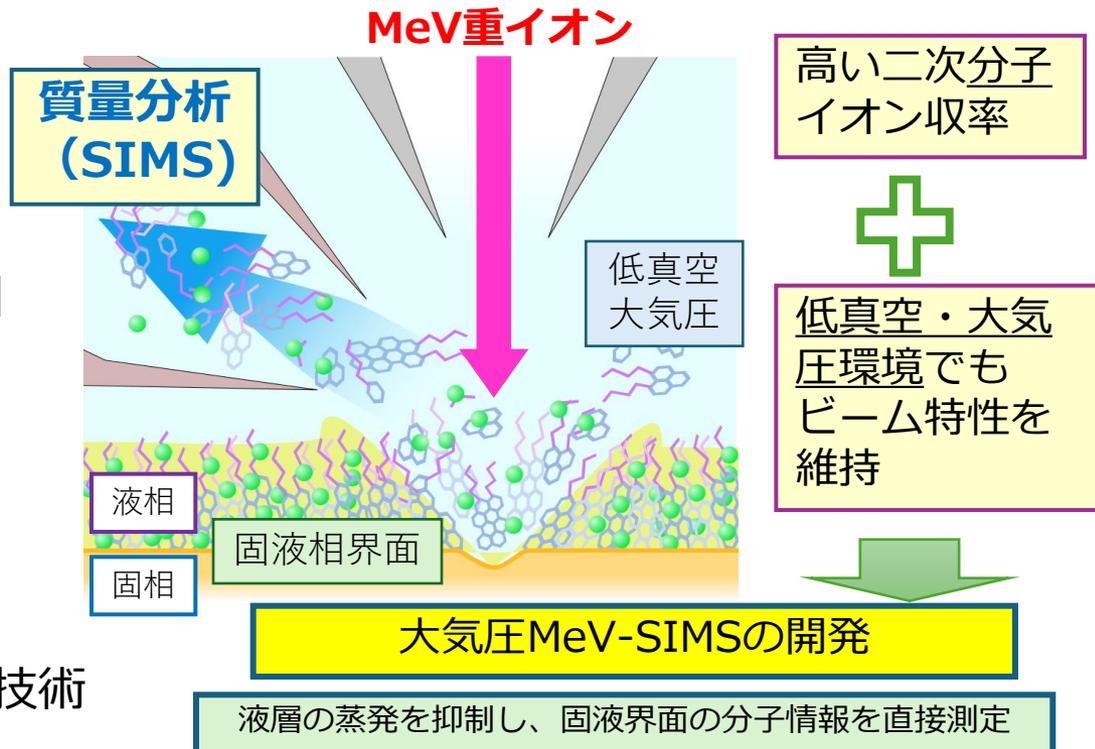
大気圧MeV-SIMS技術を用いて固液界面のオペランド分析技術を開発し、固液界面で起こる様々な反応の分析・解明を目指す

現在のねらい：

1. 充放電中のLIB電極表面の分析技術の開発（オペランド分析）
2. MeV-SIMSの高感度化技術の開発

実験場所：

タンデム加速器・高性能ビームライン



反応性ビームエッチング

研究目的：

液滴・クラスタービームによる 反応性エッチング技術の開発

反応性材料からなる液滴やガスのクラスタービームを用いて、次世代半導体に使用される新規材料の微細加工技術開発を目指す

現在のねらい：

1. 反応性液滴イオンビームによる難加工材エッチング技術の開発
2. 反応性クラスターによる高速・低損傷微細加工技術の開発

実験場所：

総合研究実験1号棟 1階実験室

反応性分子からなる
巨大ガスクラスター or 液滴

高い直進性
異方性エッチング

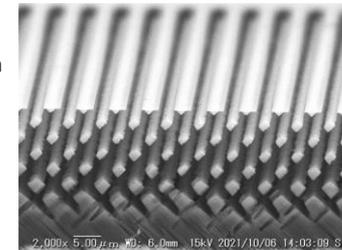
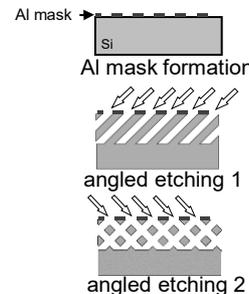
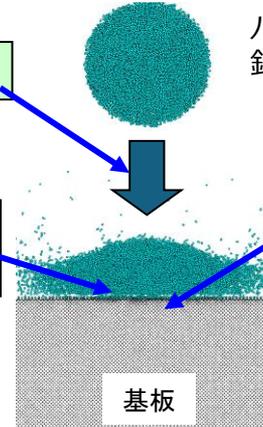
ハロゲン化合物
錯体形成可能な配位子分子

多数の原子が高密度・
超音速で衝突

keVオーダーのエネルギー付与
化学反応促進
反応性エッチング

1分子当たりのエネルギーが低い
($< 1\text{eV/molecule}$)

無損傷 or 極低損傷
非物理的エッチング



微細加工

GaNなどの化合物半導体や
EUV（極端紫外線）リソグラフィ用のマスク材料のエッチング加工への適用

次世代材料の
微細加工

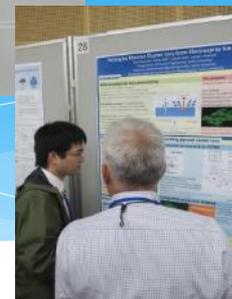
その他の活動



ICACS/SHIM@時計台



村瀬君



松田君

IISC23@松江

学会発表

- 日本物理学会, 日本応用物理学会、原子力学会, 原子衝突学会, 放射線化学討論会, など
- QSECシンポ, フォーラム21, 日中交流事業
- 各種の国際会議

レクリエーション活動

- 季節ごとになにかしらあり



原子核ソフトボール 18



BBQ @ 宇治川花火大会



追いコン

宇治見学歓迎

* メール問合せ :

* saito@nucleng.kyoto-u.ac.jp



見学大歓迎!

随時受け付けます