

# J-PARC/MLF共用ビームライン 総合科学研究機構(CROSS)



CROSS

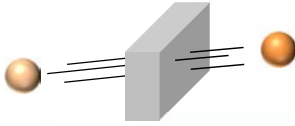
2014.3.21-23金属学会

J-PARCの物質・生命科学実験施設(MLF)は世界最大級のパルス中性子・ミュオン実験施設です。CROSSはJ-PARC特定中性子線施設の登録施設利用促進機関として、MLFの中性子共用ビームラインの利用を支援しています。

## 中性子の特徴

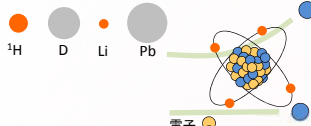
### 物質を通り抜ける

中性子は電荷を持たないので、物質を破壊することなく内部構造を見る能力に優れています。



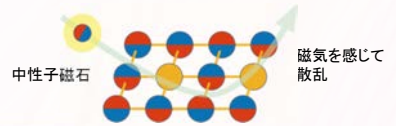
### 軽い元素を見分ける

原子核と相互作用するので、電子の少ない軽元素の検出や同位体の区別もできます。



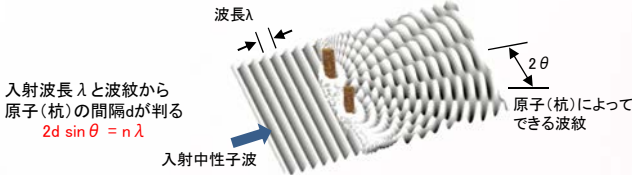
### 中性子は磁石

小さな磁石としての性質があり、物質中の磁気構造や磁場分布を知ることができます。



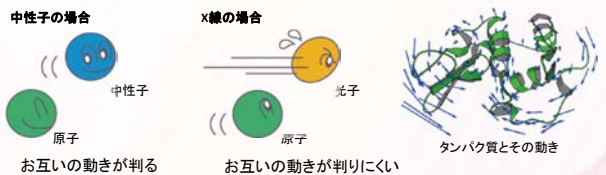
### 原子の並び方を見る

中性子は波の性質も持つので、入力波の原子による散乱を観察して、結晶の構造を知ることができます。



### 原子の動きを見る

中性子のエネルギーは原子の運動のエネルギーと同程度なので、原子の動きを見ることができます。



## 各共用BL実験データ

物質のダイナミクス(磁気励起、格子振動)を測定可能

BL01 四季

### 仕様

飛行距離:  $L_1=18m, L_2=2.5m$   
入射エネルギー:  $E_i=5\sim 300meV$   
エネルギー分解能:  $\Delta E/E_i \sim 6\%$  @  $E=0meV$   
q分解能:  $\Delta q/q_i \sim 1.5\%$   
検出器バンク:  $-35\sim 130^\circ$   
(現在 $-35\sim 68.3^\circ$ まで検出器取付済み(水平),  $-25\sim 27^\circ$ (鉛直))  
※ $L_1$ は線源-試料間距離、 $L_2$ は試料-検出器間距離を表す。

### 試料環境

Top-loading 型4K冷凍機

### 標準試料サイズ

$20 \times 20 \times 20mm^3$

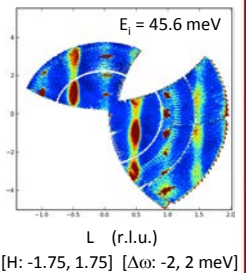
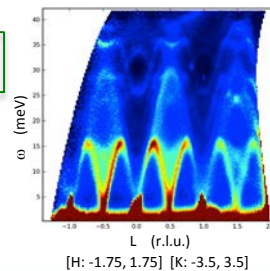
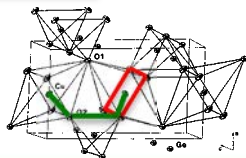
### 中性子非弾性散乱実験による スピンパイエルズ系 $CuGeO_3$ の鎖間相互作用の観測

#### S=1/2 1D 鎖

$Cu^{2+}$  S=1/2  
 $CuO_2$  リボン辺  
共有

#### 鎖間結合

Cu-O-O-Cu  
AF 結合



物質内部の分子・原子・スピンのダイナミクスを測定可能

BL02 DNA

### 仕様

飛行距離:  $L_1=42m, L_2=4.3m$   
解析エネルギー:  $E_i=2.09meV$  (Si(111)), 7.63meV (Si(311))  
エネルギー分解能:  $\Delta E=2.5 meV$  (Si(111))  
q領域:  $q=0.07\sim 1.9 \text{ \AA}^{-1}$  (Si(111))  
アラライザーバンク:  $-18\sim 138^\circ$  (水平),  $-14.2\sim 20^\circ$  (鉛直)

### 試料環境

Top-loading 型4K冷凍機  
水蒸気発生装置  
液圧発生装置※調整中  
ホイールヒーター(Max 1700K)※調整中

### 標準試料サイズ

$\phi 14 \times 30mm^3$

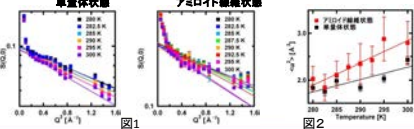
### 《パイオ、医療関係》

～アミロイド線維形成機構解明を目指して～

利用例: パーキンソン病等の神経疾患を含む種々の疾病に関係するアミロイド線維形成機構解明は疾病発症機構解明の上で重要。このアミロイド線維形成と関係すると予想される蛋白質ダイナミクス異常を直接調べる。

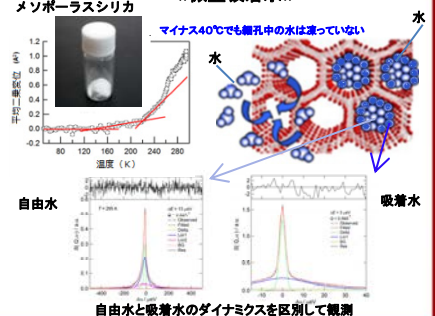
その成果: アミロイド線維形成のモデル蛋白質であるニトリ卵白リソチームを用いて、その単量体状態とアミロイド線維状態についての測定(図1)から得られる蛋白質の平均自乗変位の温度依存性(図2)を調べた結果からアミロイド線維状態の方が単量体状態より柔らかいことが明らかになった(論文①)。アミロイド線維形成と蛋白質ダイナミクス異常とが関連することを示唆する重要な結果である。

① S. Fujiwara 他, J. Phys. Soc. Jpn. 82, SA019 (2013).



### メソポーラスシリカ

### 《微量吸着水》



高温高圧極限環境における結晶、液体およびガラスの構造解析が可能

BL11 PLANET

### 仕様

最大プレス荷重: 1,500t  
飛行距離:  $L_1=25m, L_2=1.5m$   
格子長:  $d=0.21\sim 4.1 \text{ \AA}$   
d分解能:  $\Delta d/d < 0.5\%$   
最大q値:  $q_{max}=30 \text{ \AA}^{-1}$

### 試料環境

6軸型マルチアンビル高圧発生装置「圧姫」  
パリエジンプラプレスVX4 (20GPa, 室温)  
低温高圧プレス (5GPa, 77K)  
ラジアルコリメータ(3mm幅)

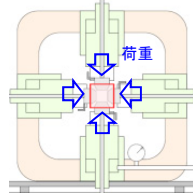
### 標準試料サイズ

1~10mm<sup>3</sup>

### 6軸型高圧プレス装置(圧姫)

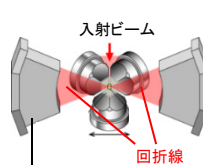


### 圧姫



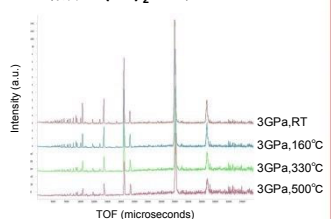
- 中性子実験施設で世界最大
- 本体: 高さ2.5m、重量29ton
- 6軸型 ⇒ 6方向独立加圧式
- 最大荷重: 500 ton/軸
- 加圧モード
- 6軸均等加圧 ⇒ 静水圧実験
- 1軸方向加圧 ⇒ 差応力、変形実験

### 高圧中性子回折実験



ラジアルコリメータ (ゲージ距離: 3mm)  
⇒微小試料領域(3X3X3mm<sup>3</sup>)のみの回折線の取り出しが可能

### ～結晶Ca(OD)<sub>2</sub>～6軸プレス



- BL11で利用できる高圧装置 最大実験圧力
- 6軸型高圧プレス(圧姫): 30GPa
  - 対向型プレス(パリエジンプラプレス): 10GPa
  - ダイヤモンドアンビル装置: 80GPa

## サブナノからミコンスケールの構造解析が可能

BL15 大観

### 仕様

飛行距離:  $L_1+L_2=20\text{m}$  (最大)  
 散乱角:  $2\theta=0.2\sim 50^\circ$  (小中角バンク)  
 $150\sim 175^\circ$  (高角バンク)  
 入射波長:  $\lambda=0.5\sim 7.8\text{\AA}$   
 $q$ 領域:  $q=5\times 10^{-3}\sim 6.6\text{\AA}^{-1}$  (小中角バンク)  
 $1.5\sim 15\text{\AA}^{-1}$  (高角バンク)  
 入射中性子偏極度:  $P>99\%$

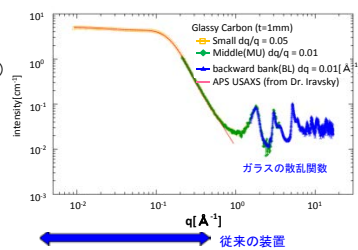
### 試料環境

1T電磁石 + 4K冷凍機  
 10T超伝導磁石  
 試料交換機  
 引張試験機

### 標準試料サイズ

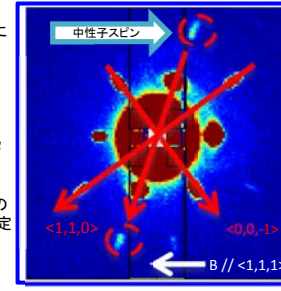
$8\times 8\times 1\text{mm}^3$

### Glassy Carbonの散乱プロファイル



• 広い $q$ 領域のデータを同時に(一度に)観測可能  
 • 広い $q$ 領域の高分解能、高精度解析を実現  
 • USAXS(APS)の参照データとも極めて精度良く一致  
 • 極小角領域への測定範囲の拡張も2014年度中に実施予定

### MnSi単結晶の磁気構造カイラリティの偏極中性子散乱実験結果

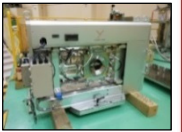


Y. Kousaka et al., JPS Conf. Proc. 2(2014)010205

### 試料交換機



### 引張試験機



## 薄膜材料の表面構造や界面構造の解析が可能

BL17 写楽

### 仕様

飛行距離:  $L_1=15.5\text{m}$ ,  $L_2=2.5\text{m}$   
 入射波長:  $\lambda=2.0\sim 8.4\text{\AA}$  (非偏極モード)  
 $1.0\sim 8.8\text{\AA}$  (非偏極モード)  
 $q$ 領域:  $q=0.01\sim 1.2\text{\AA}^{-1}$  (偏極モード)  
 $0.005\sim 2.5\text{\AA}^{-1}$  (非偏極モード)  
 散乱角:  $2\theta=0\sim 23^\circ$   
 検出器: 0次元 $^3\text{He}$ ガス検出器

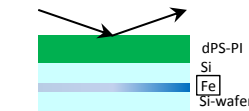
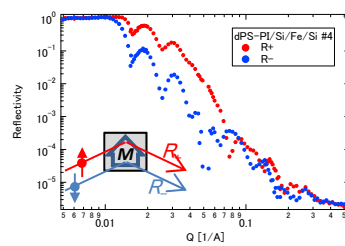
### 試料環境

4K冷凍機  
 1T電磁石 (極性変更可能)

### 標準試料サイズ

$10\times 10\sim 30\times 30\text{mm}^2$  (面積)

### 偏極中性子反射率による高分子薄膜の評価



磁性体層を含む高分子薄膜試料に外部磁場を印加して測定した偏極中性子反射率。磁性体層の磁化の向きと中性子のスピンの向きが平行、反平行であるかにより磁性体層の散乱長密度が異なるため、反射率の形状が変化する。



## 結晶構造や磁気構造の解析が可能

BL18 千手

### 仕様

飛行距離:  $L_1=34.8\text{m}$ ,  $L_2=0.8\text{m}$   
 入射波長:  $\lambda=0.3\sim 4.3\text{\AA}$   
 最大格子長:  $d_{\text{max}}\sim 50\text{\AA}$   
 散乱角:  $2\theta=11\sim 169^\circ$   
 検出器: 2次元シンチレータ検出器  $\times 37$ 台 (有感面積 $256\times 256\text{mm}^2$ )

### 試料環境

室温測定用ゴニオ・冷凍機(4K)  
 マグネット(7T)+希釈冷凍機( $\sim 50\text{mK}$ )

### 標準試料サイズ

$0.5\times 0.5\times 0.5\text{mm}^3$  (@1MW)以上

### 微小単結晶試料の回折測定

試料提供: Dr. Chang-Hee Lee (東北大)

Taurine ( $\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}_3\text{S}$ ), Size:  $q_0 0.6\text{nm}$  ( $v=0.11\text{nm}^3$ )

$a=5.27\text{\AA}$ ,  $b=11.66\text{\AA}$ ,  $c=7.91\text{\AA}$ ,  $\beta=94.13^\circ$

$2\theta=23^\circ$ ,  $90^\circ$ ,  $158^\circ$



ビーム出力: 207 ~ 270 kW  
 測定温度: 室温  
 サンプルサイズ: 球状  $\phi 0.6\text{mm}$   
 照射時間: 30 hrs  $\times 6$ 方位  
 データ数: 980反射 ( $1>4\sigma$ )  
 空間群:  $P2_1/c$   
 パラメータ数: 129  
 $R=7.16\%$   
 $wR=7.49\%$

微小単結晶の構造解析が可能

### 高次までの磁気散乱測定

MnF<sub>2</sub> 単結晶

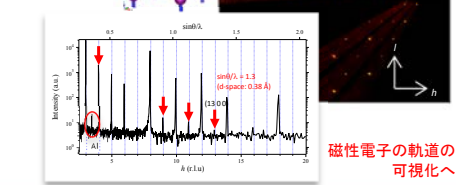
サンプルサイズ:  $2\times 2\times 2\text{mm}^3$

空間群:  $P4_2/mnm$

$a=4.87\text{\AA}$ ,  $c=3.30\text{\AA}$

測定時間: 10 hrs

温度: 4.3K



磁性電子の軌道の可視化へ

## パルス中性子イメージング専用ビームライン「物質情報3次元可視化装置」(2015年度より共用開始予定)

BL22 ※建設中

### 仕様

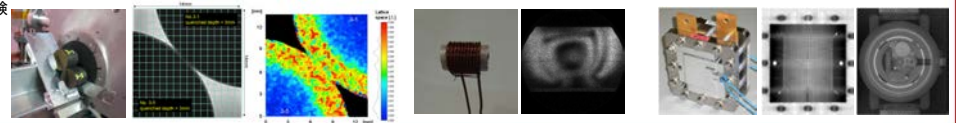
本格的なエネルギー分析型中性子イメージング実験  
 ブラッグエッジ・共鳴・偏極イメージング  
 大面積・高空間分解能のラジオグラフィ・トモグラフィ実験  
 観測面積:  $300\text{mm}\times 300\text{mm}$ ,  $L/D<7500$   
 様々な試料環境機器  
 高速CT演算・データ解析用計算環境

### エネルギー分析型中性子イメージング

### 中性子ラジオグラフィ・トモグラフィ

イメージングブラッグエッジイメージング → 結晶構造情報

偏極イメージング → 磁場情報



## 課題公募の種類

### 定期募集課題

5月と11月の2回/年

### 緊急課題

重要性が極めて高く、迅速に実施する必要がある課題

### トライアルユース

利用未経験者向けの課題  
 5月と11月の2回/年

成果 公開型

成果 非公開型

(有料)

成果 公開型

パルス中性子の実験をしたことがない

⇒パルス中性子実験の初心者を対象とした制度です。解決したい課題があるけれども中性子を使って何とかならない?

⇒申請前に技術相談が受けられます。

申請書の作成って難しそう

⇒申請書作成のためのアドバイス・お手伝いをします。

実験ってどうすればいいの?

⇒実験のお手伝いをします。

データの解析方法がわからない

⇒データ解析のお手伝いをします。

ご相談・お問合せは サイエンスコーディネーターまで

お知り合いのJ-PARC/MLF、CROSS関係者にご連絡いただいても結構です。

029-219-5300

user\_question@cross.or.jp

cross-tokai.jp/ja/

