

# J-PARC物質・生命科学実験施設 における利用実験再開について

## J-PARC センター

日本原子力研究開発機構  
高エネルギー加速器研究機構

### ハドロン事故対応の経緯

#### 事故対応の流れ

- 5.23 **ハドロン実験施設事故発生**
- 5.28 文部科学大臣よりKEK及びJAEAに安全体制緊急総点検を要請
- 5.30～ 茨城県知事、東海村長等、地元自治体から注意等要請
- 8.12 **原子力規制委員会へ法令報告第三報を提出**
- 9.26 **文科大臣へ措置報告書提出**
- 11.7 原子力規制庁による立入調査
- 12.5 地元自治体による立入調査
- 12.6 原子力規制庁よりリニアックの高出力化変更申請了解。
- 12.13 茨城県原子力安全対策委員会で安全管理体制強化を報告。
- 12.20 **茨城県知事への措置報告書提出**
- 12.24 東海村長がハドロン施設以外の施設の利用再開了承を表明。
- 12.25 茨城県よりハドロン施設以外の施設の利用再開了承。

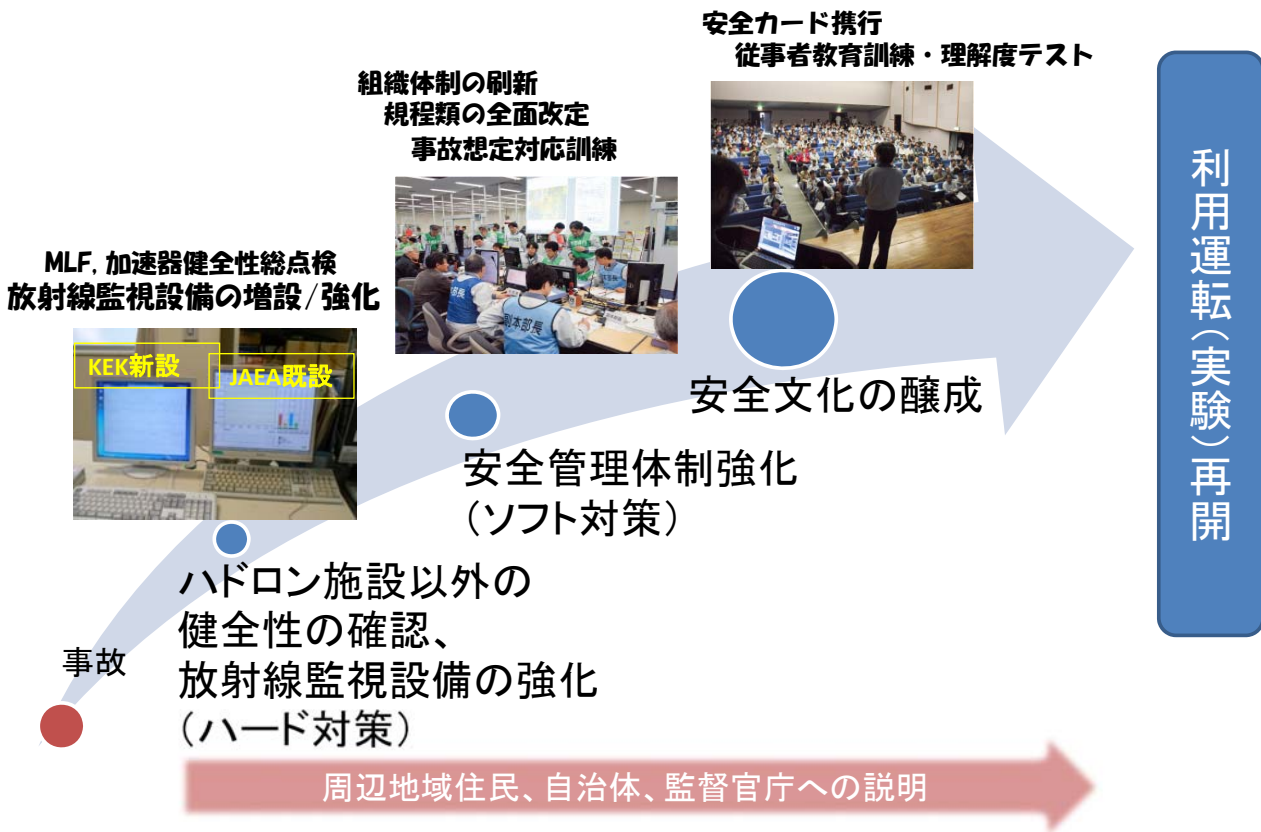
#### J-PARCセンターの事故対応

センター構成員が  
一丸となったチーム

- 5.24 J-PARC事故対策本部立ち上げ  
**再生タスクフォース(TF)を編成**
  - 二つの作業チーム：ハード系、ソフト系
  - 事故原因追及、再発防止検討を開始。
- 6.中旬 住民説明会(3回)を実施。
- 6.18 **有識者会議の立ち上げ。**
  - 6.21～8.22まで、6回開催。
- 8.27 有識者会議答申書を受け取る。
  - 再生TFの作業、有識者会議の答申を反映して、法令報告及び大臣報告を作成。
- 10.1 安全管理組織改正を実施。
- 10.末 住民説明会(3回)を実施。
- 11.1 安全関係規程、規則改正を実施。
- 11.～ 安全教育を実施。
- 11.月上旬 電源誤動作原因確定。
- 12.12-13 金標的目視確認。
 

安全に関する組織及び意識改革
- ハドロン施設以外の安全性の確認及び安全対策の強化が完了

# 事故から利用運転(実験)再開までの取組



3

## ハドロン実験施設以外の施設

- ✓ ハドロン実験施設以外の施設において、管理区域の設定及び管理設備の妥当性と安全性を点検・検証した。
- ✓ なお、これらについては、有識者会議や12月5日の立入調査で県等各自治体にも確認していただいた。

事故リスク項目	物質・生命科学 実験施設	ニュートリノ 実験施設	加速器施設
異常なビームへの対策	加速器の最大出力のビームを常に受けているので、今回と同様の異常は生じない。	同左	常に運転時の最大出力で動作。今回と同様の異常は生じない
標的損傷による放射性物質漏えい対策	標的は <b>多重の密封容器</b> に設置	同左	標的はない。ビームは常に真空容器内を移動
放射線管理区域外への放射性物質漏えい対策	負圧制御するとともに、 <b>フィルターを通して排気し、放射能濃度を監視。</b>	同左	同左

4

# 実施した対策と安全意識の改善

## 【実験施設の改良などのハード対策】

- 放射線監視設備の設置及び注意喚起警報の設定 (11/6)
- 電磁石の誤作動の原因である電源の発熱対策の実施と、その水平展開 (12/25)  
→ハドロン実験施設に関する再発防止策は作業中。(対策完了は今年夏を目処)

## 【安全管理体制強化のためのソフト対策】

- 安全体制の組織を変更:副センター長(安全統括)の設置、安全ディビジョンの体制強化、ハドロン・セクションの設置 (10/1)、放射線安全評価委員会の設置 (11/1)
- 施設管理責任者の常駐化及び代理者の選定による異常事象への対応体制の整備 (11/1)
- 注意体制構築に係る通報基準、事故対策活動要領等のマニュアル類改訂 (11/1)

## 【安全文化の醸成】

- 安全スローガンの宣言と安全カードの配布 (11/1)、安全ポータルサイトの創設 (12/25)
- 規程等改訂に伴う放射線業務従事者教育訓練 (11/7から複数回実施)
- 放射線事故対応訓練 (9/13,11/15,1/20)
- 「加速器安全シンポジウム」を開催 (12/11)



加速器施設安全シンポジウム (12/11)

## J-PARC全施設と運転が再開される施設



## 3種類の加速器施設と3つの実験施設

利用運転が再開により、運転や運用が再開される施設は、リニアック、3GeVシンクロトロン、物質・生命科学実験施設です。(名称を黄色の枠で囲ってある施設)

## J-PARCの加速器施設 (赤枠: 運転再開施設)

### 大出力の陽子加速器群

- リニアック(線形加速器)

- 長さ: 249 m
- 加速エネルギー: 400 MeV、光速の71%
- 加速された陽子を3 GeVシンクロトロンに陽子を入射



- 3 GeVシンクロトロン(RCS)

- 周長: 348 m
- 加速エネルギー: 3 GeV、光速の97%
- ビーム出力: 1 MW (0.30 MW)
- 90%~95%の陽子を物質・生命科学実験施設に供給
- 残りの陽子は50 GeVシンクロトロンに入射



- 50 GeVシンクロトロン(MR)

- 周長: 1,568 m
- 加速エネルギー: 50 GeV (30 GeV)、光速の99.98% (99.95%)
- ビーム出力: 0.75 MW (0.22 MW)
- ハドロン実験施設、ニュートリノ実験施設に陽子を供給



( )内の数字は現在の値

7

## J-PARCの実験施設 (赤枠: 運転再開施設)

- 物質・生命科学実験施設(MLF)

- 世界最大強度の中性子とミュオンをプローブとして利用
- 物質の構造や性質、生命物質の機能等の研究、産業応用



- ハドロン実験施設(HD)

- K中間子、パイ中間子などを生成し利用
- 原子核の構造や素粒子の性質を研究



- ニュートリノ実験施設(NU)

- 大強度のニュートリノを生成
- 岐阜県神岡にあるスーパーカミオカンデとの間でニュートリノ振動実験



- 核変換実験施設、第Ⅱ期

- 中性子による放射性廃棄物処理実現へ
- 加速器駆動の核変換技術の研究、開発



8



16 July 2009



## 物質・生命科学実験施設 の利用運転(実験)を再開

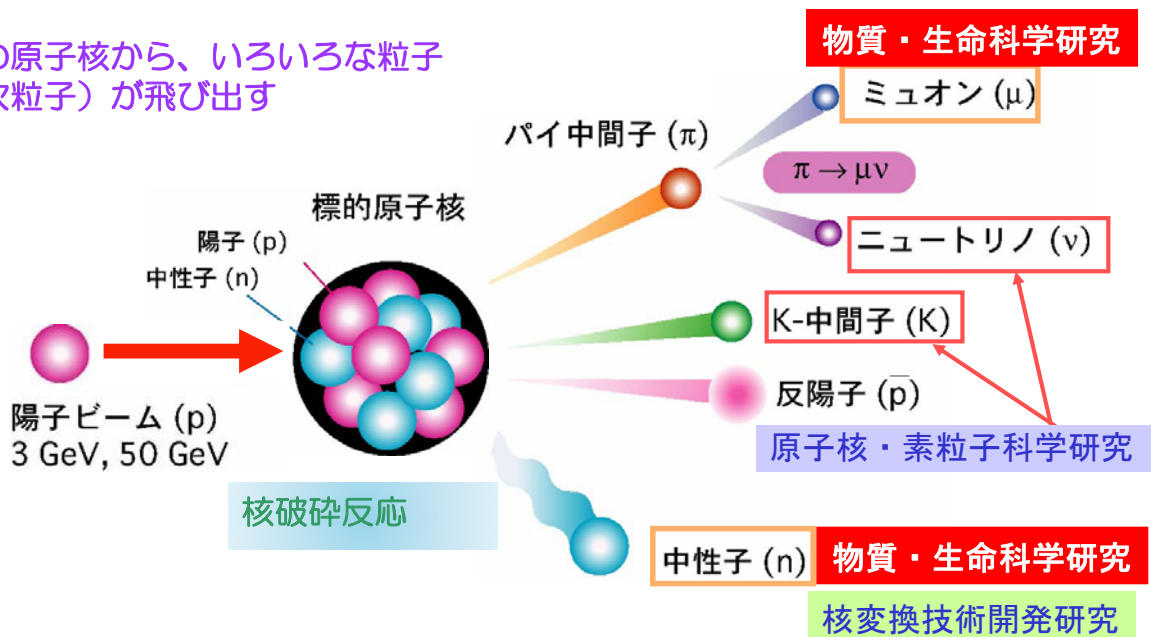
9

# J-PARCの原理

加速した陽子を標的（金属）に当てる

二次粒子ビームを原子や原子核を調べる種々の研究に利用

標的の原子核から、いろいろな粒子  
(二次粒子)が飛び出す



世界最大のビーム強度 → 多数の二次粒子を生み出す

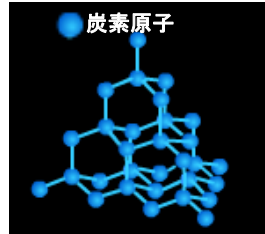
1  
0

# J-PARCの運転再開で行われる研究 中性子やミュオンで原子の構造を調べる

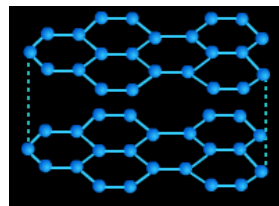
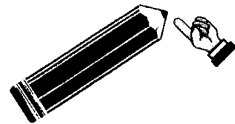
同じ原子でも、並び方が違くと、別な物になってしまう

炭素原子の並び方

ダイヤモンド



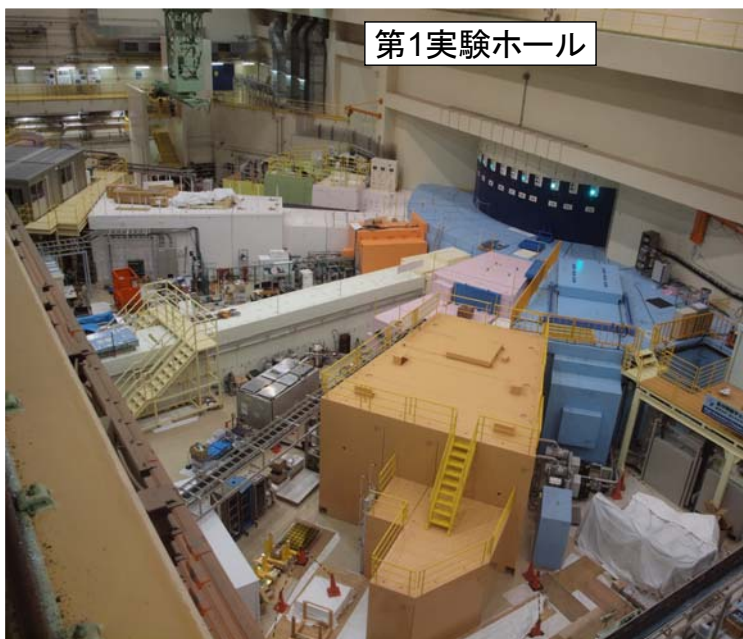
黒鉛(こくえん)



J-PARCを使  
うと原子の  
構造が見え  
るので、新  
しい材料な  
どを研究で  
きる。

1  
1

## J-PARC 物質・生命科学実験施設(MLF)



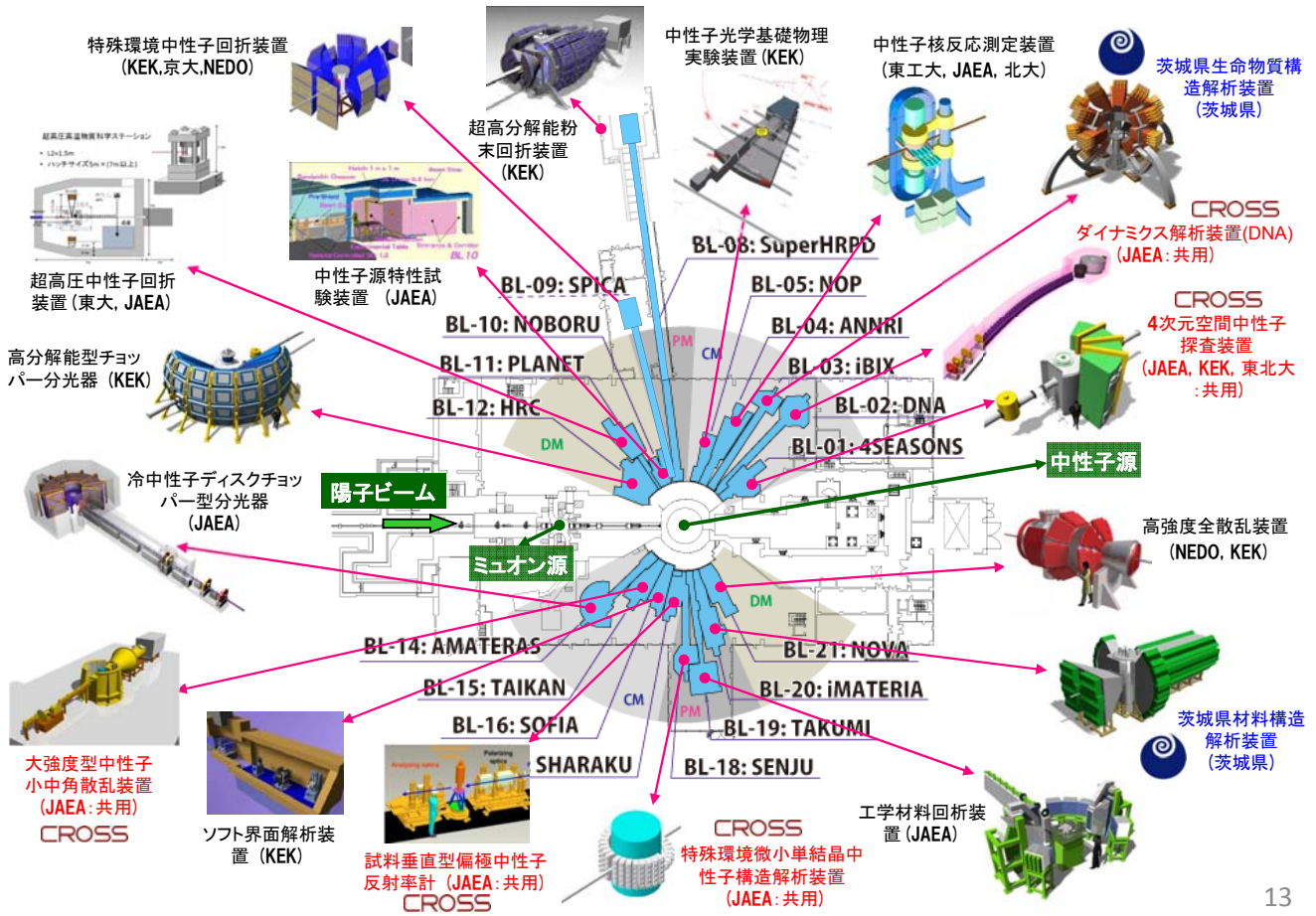
第1実験ホール



第2実験ホール

長さ146m、幅70mの建物  
18台の実験装置が稼動中、3台が建設中

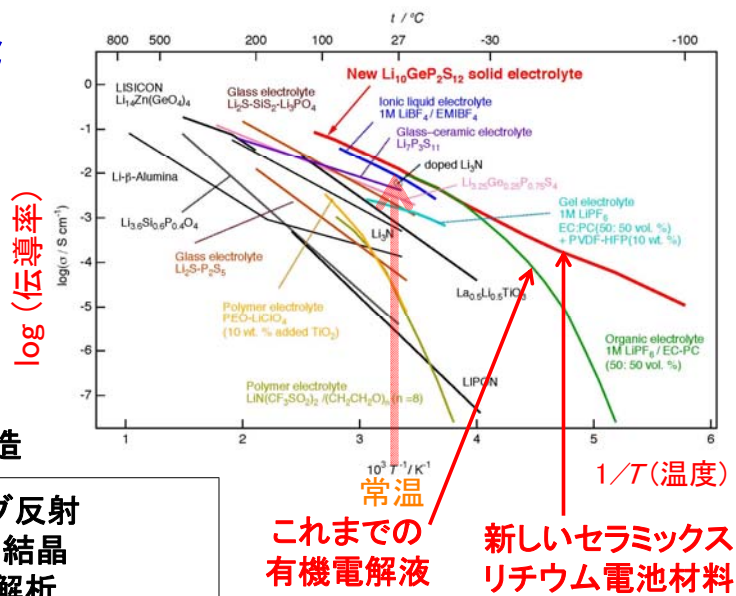
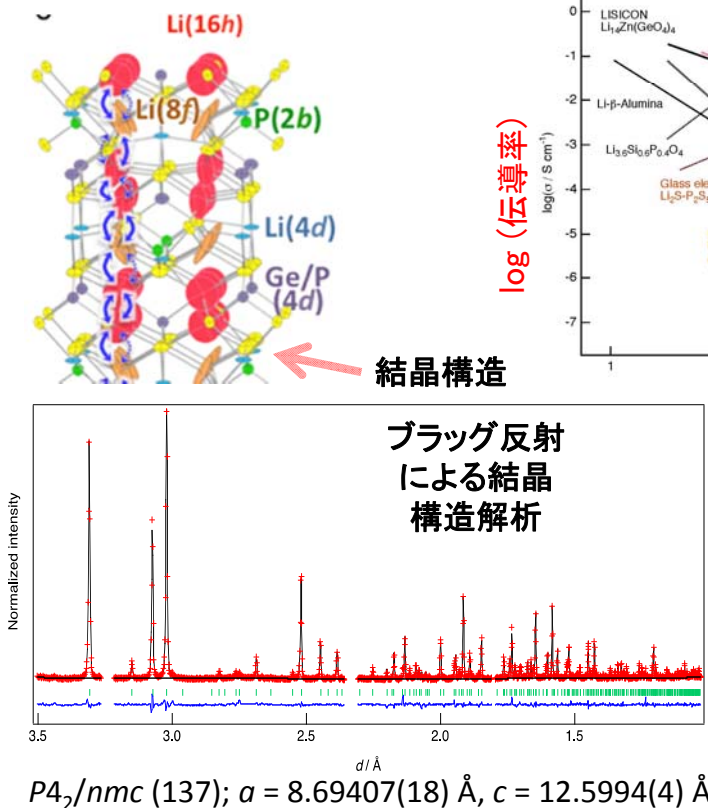
12



## MLFでのこれまでの成果

BL08(SuperHRPD)

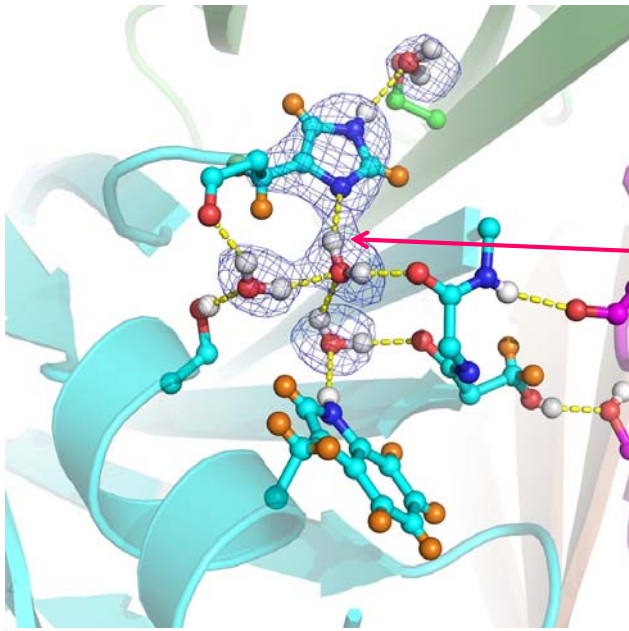
### セラミックス電池の開発



東工大、豊田自動車、KEK  
「Nature Materials」2011年7月31日号掲載

日本経済新聞の朝刊1面に  
リチウム電池が掲載  
その一例として、紹介された。

アミロイド疾患の原因物質トランスサイレチンの結晶構造解析  
水素結合ネットワークからpHに依存するアミロイド繊維化の解明へ



トランスサイレチン(TTR)の中性子構造解析を行い、水素原子を含む水分子の方向性を決定(黄色い点線は水素結合)

低pHで水分子ネットワークの部分が影響を受け、タンパク質集合体構造が壊れる事が判明(黄色の破線は水素結合)

茨城県、茨城大学、富山大学

発表論文: アミロイド症の原因タンパク質の構造解明、J. Struct. Biol. 177 (2012) 283  
→ 専門家による生物医学分野論文のトップ2%の優秀論文に選ばれた。

中性子は水素がよく見える!

中性子散乱を用いて高性能タイヤの素材となるゴムを開発



ゴムは、ポリマーとその間のフィラーによって作られる高分子の網

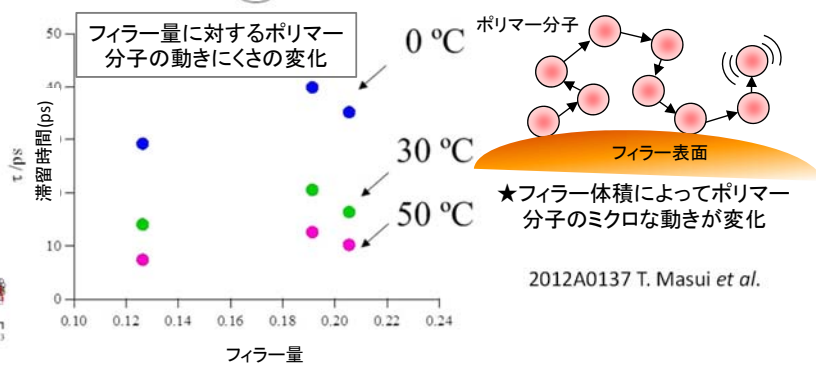
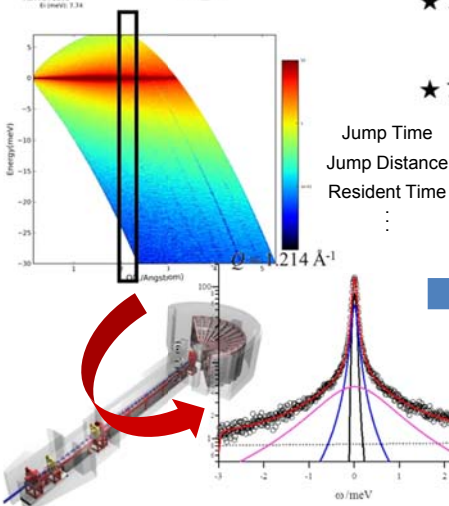
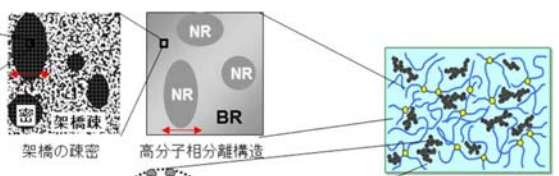
★ ポリマー: ポリブタジエン



★ フィラー: カーボン、シリコン



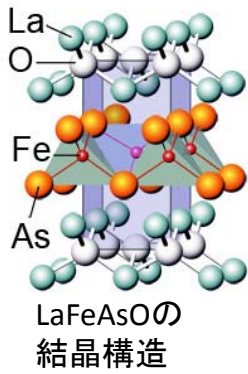
★ フィラー界面



中性子準弾性散乱で得られたポリマー、フィラーのミクロなダイナミクスの情報  
⇒ 高性能次世代タイヤの素材を開発

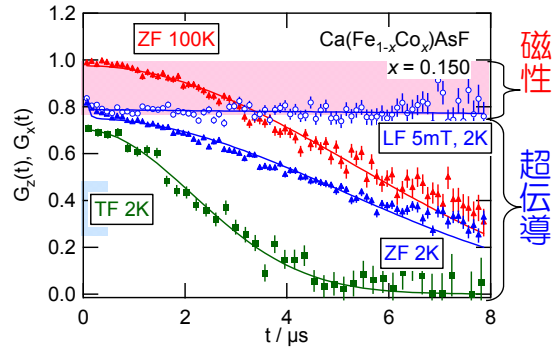


鉄系超伝導体の島状超伝導を発見

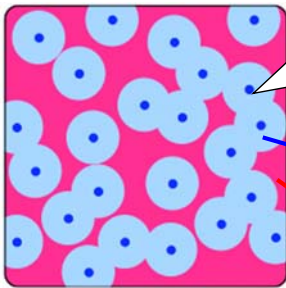


超伝導を担うFeAs面のFeをCoで置換すると、通常は超伝導が阻害されると予想されるが、鉄砒素系では超伝導が発現！  
→ミュオンspin回転で同系物質CaFe<sub>1-x</sub>Co<sub>x</sub>AsFについて調べ、超伝導が島状に発達し、磁性相と共存していることを発見。

KEK物構研-東工大応用セラミックス研(細野グループ)



Inside the matter

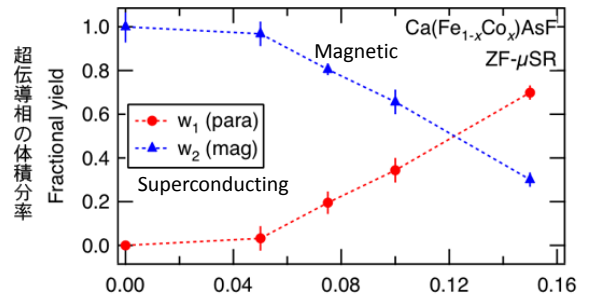


体積比に敏感なのはミュオンのみ

超伝導相

磁性相

J-PARCからの最初の出版データ



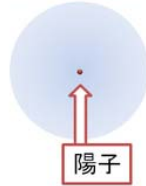
掲載論文: S. Takeshita *et al.*, Phys. Rev. Lett. **103**, 027002 (2009).

コンデンサ材料が絶縁劣化をひき起こすメカニズムを解明

(a) ミュオニウム



水素原子

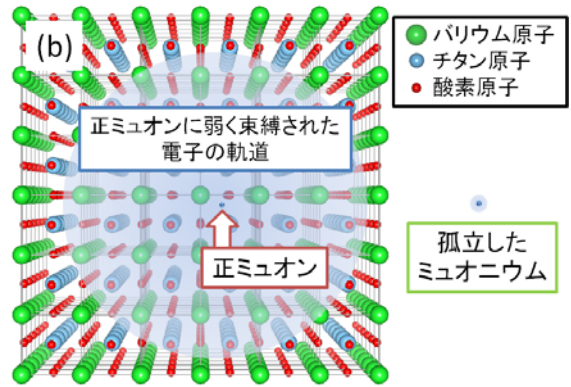
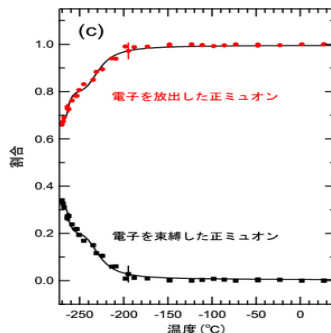


JAEA先端研-KEK物構研

強誘電体材料であるチタン酸バリウム中で水素不純物がイオン化、電気伝導に関与することを解明。

正ミュオン=水素原子の高感度シミュレーター:  
ppm以下の微量の水素の状態を検知!

→セラミックコンデンサの性能改善へ



チタン酸バリウム(BaTiO<sub>3</sub>)中に注入された正ミュオンの状態: 正ミュオン(～ほぼ陽子と同じ)は-200℃以下では上図のように電子を束縛している中性の状態(ミュオニウムと呼ばれる)にあるが、それより高温ではイオン化し、放出された電子が動き回るようになる。

掲載論文: T. U. Ito, *et al.*, Appl. Phys. Lett. **103**, 042905 (2013).

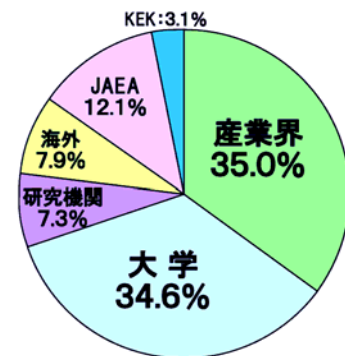
## MLFでの実験課題の推移

- 物質・生命科学実験施設(MLF)実験課題申請の状況
  - 2008～2013B期までの全実験課題申請数の推移
    - 震災の影響で2011B期は減少したが、増加傾向が続いている



### 2008～2012BまでのJ-PARC 利用状況

一般利用課題671件から



19

## 運転(実験)再開で行われる実験について

### 2013B期(2014年2月～3月)に行われる実験課題(170課題)の一例

- BL02 (DNA) パーキンソン病関連のタンパク質シヌクレインの分子運動特性  
⇒ パーキンソン病の発症原因の解明
- BL14 (AMATERAS) 筋収縮関連のタンパク質アクチンとミシオン周辺の水分子運動の観察  
⇒ 筋肉の収縮における水の重要な役割の解明
- BL11 (PLANET) 鉄, ケイ酸塩, 水混合物の高温高圧挙動  
⇒ 地球の中心部(コア)の形成期の解明 地球起源の考察
- BL18 (SENJU) 光誘起プロトン伝導結晶の光学特性の観察  
⇒ 新しい有機光学デバイスの開発の基礎研究
- BL19 (TAKUMI) 新奇な構造を持つマグネシウム合金の特異な変形挙動の観察  
⇒ 次世代の軽い高強度構造材料の開発
- BL20 (iMateria) リチウムイオン電導体のリチウムイオン拡散経路の観察  
⇒ 新しいリチウムイオン電池材料の開発の基礎研究

# 実験再開での主な実験課題の例

## 2013B期 (2014年2月～3月) 実験課題のトピックス

- BL02 (DNA) **パーキンソン病関連のタンパク質シヌクレインの分子運動特性**

パーキンソン病は、シヌクレインというタンパク質の断片が脳に凝集し蓄積されることが原因と考えられている。

→ 生体関連物質の分子運動観察に適した中性子非弾性散乱実験装置DNAを用いて、シヌクレイン分子の運動を観察することにより、たんぱく質の凝集機構と分子運動の異常との関連を明らかにできると期待。

→ タンパク質の異常な凝集が原因と考えられている疾病は多く、その解明に大きく貢献できると期待。

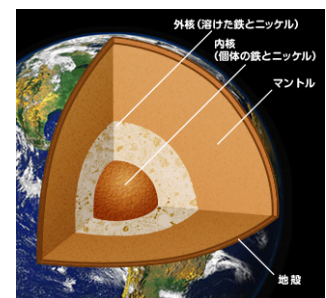


たんぱく質 シヌクレイン

- BL11 (PLANET) **鉄, ケイ酸塩, 水混合物の高温高圧挙動**

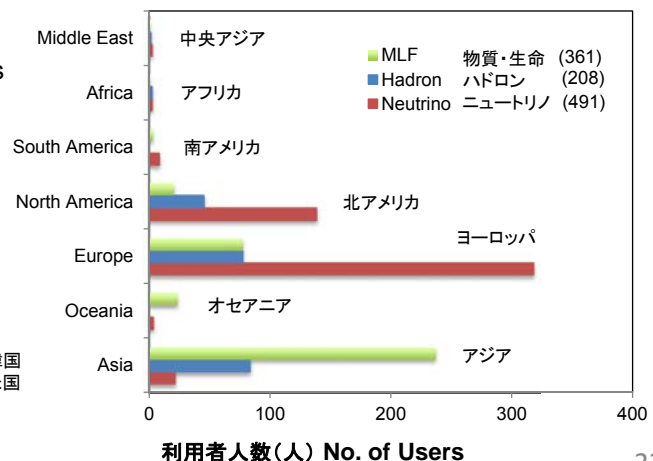
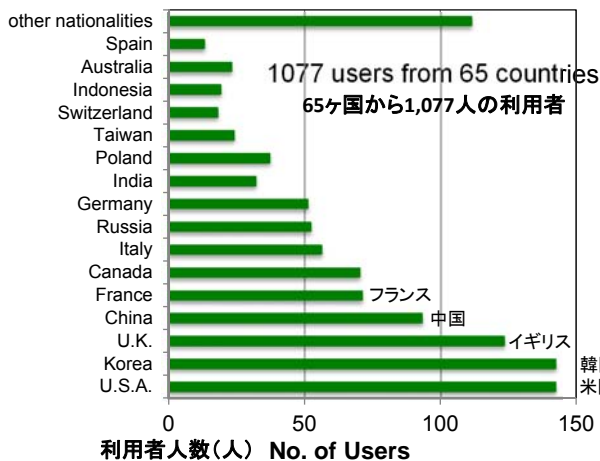
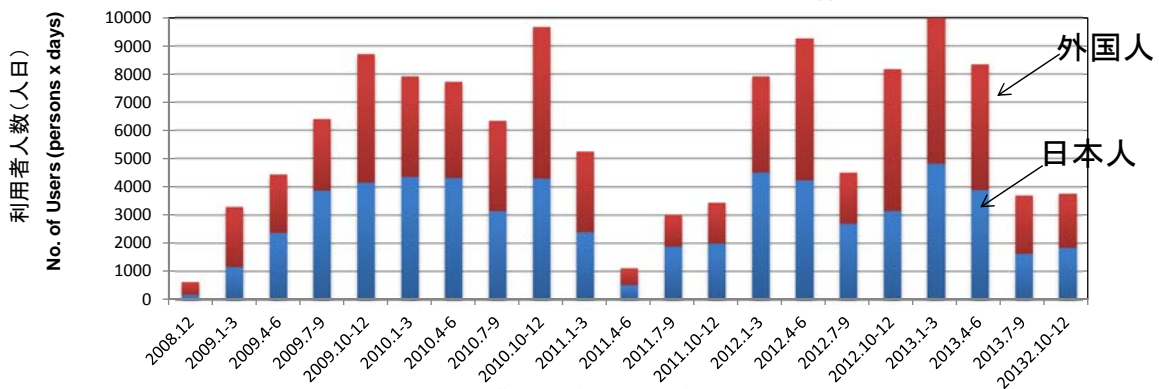
地球の中心部(コア)は鉄、その周辺のマントルはケイ酸塩(かんらん石など)の鉱物から成り立っていると考えられている。このようなコアはどのようにして形成されるのか。それには、水(水素)が重要な役割をはたしていると考えている。

→ 中性子高圧実験専用ビームラインPLANETを用いて高温高圧下で、この鉄, ケイ酸塩, 水の混合物のその場観察を行い、水素に敏感な中性子によって地球コアが形成される起源と形成時の水の役割が解明できると期待。



地球の層構造

## 外国からの利用者の統計



# 今後の予定について

1. 加速器の性能確認  
50GeVシンクロトロン： 2014年 3月
2. 各実験施設の利用運転再開の予定  
ニュートリノ実験施設(2014年4月以降)

\* ハドロン実験施設の利用再開は、施設・設備を改修し、再発防止対策を終了した後。

- 利用運転(実験)再開に際しましては、安全確保を最優先とし、安全管理に万全を期して行います。