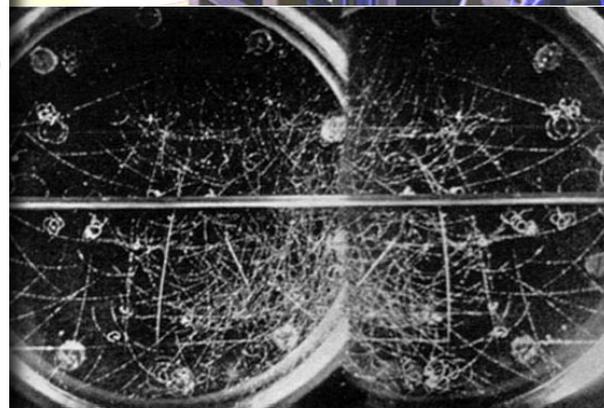
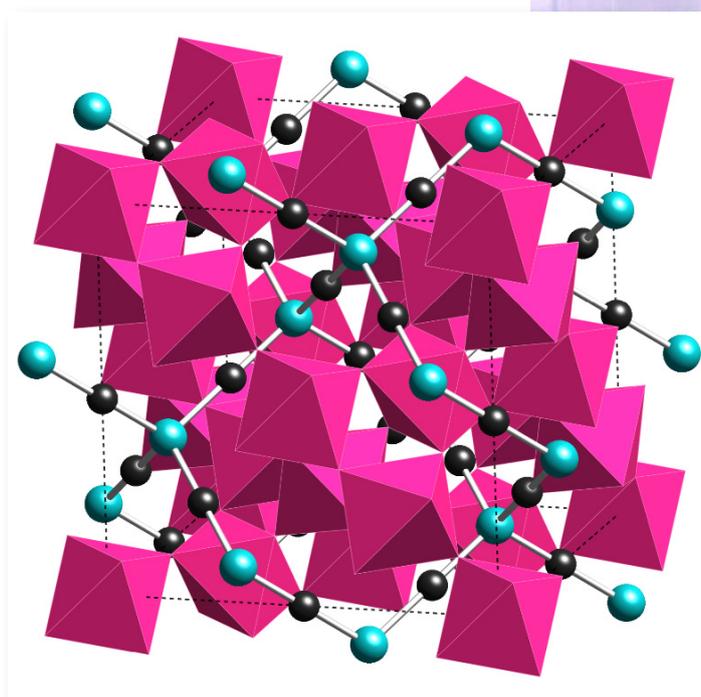




J-PARC ミュオン科学実験施設(MUSE)

世界最強のパルス状ミュオン源が拓く新たな科学の地平



光、電子に次ぐ新たな 顕微鏡：ミュオン

ミュオン（ミュオン粒子、ギリシャ文字 μ で表記）は電子や光と同じように物質と相互作用するため、原子の集合体としての物質の状態を調べるのに大変好都合な粒子です。しかも、ミュオンはこれら従来の探針では得られないような情報を与えてくれます。ミュオンはいわば光、電子線に次ぐ新しい「顕微鏡」を私たちに与えてくれるのです。

日本原子力研究開発機構と高エネルギー加速器研究機構(KEK)が共同で茨城県東海村に建設・運営しているJ-PARC施設では、ミュオンを研究に使い易いイオンビームとして供給する実験施設-MUSEが一部完成し、2008年度末より共用運転を行っています。今後予定されている加速器の増強に伴い、MUSEでは世界最高の質と強度のミュオンビームが得られる予定で、これにより様々な研究分野において大きな進展が期待されます。

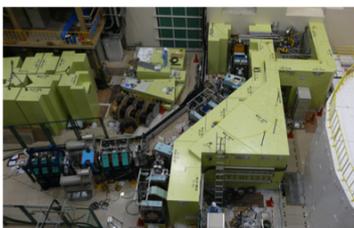


東海村にあるJ-PARC施設全景



物質生命科学実験施設

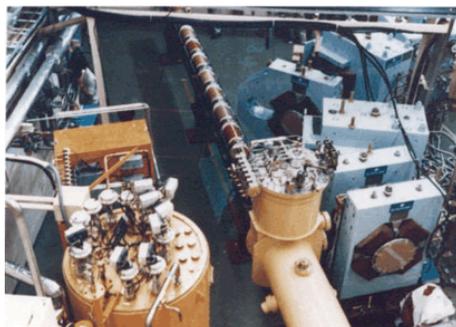
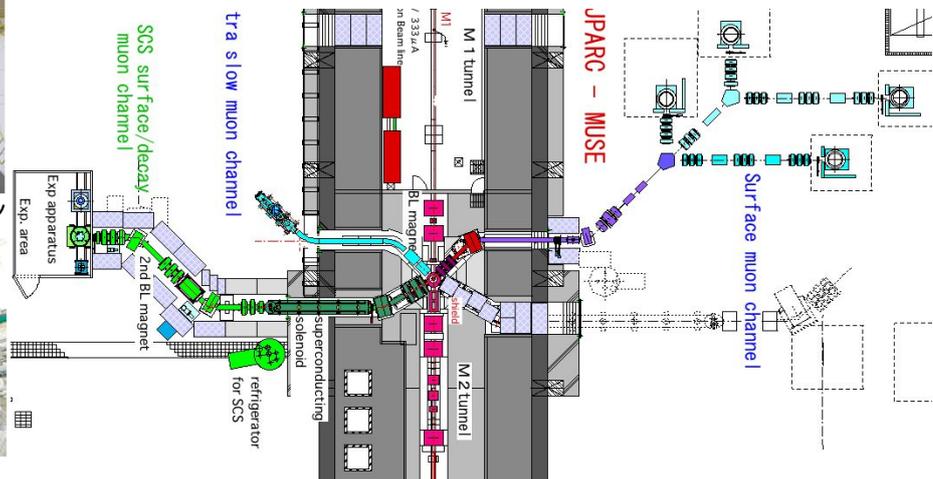
物質生命科学実験施設内のミュオン科学実験施設(MUSE)



低速(崩壊)ミュオンビームライン



D1実験装置



世界に先駆けた日本のパルス状ミュオン源(KEK-MSL)

世界最初のパルス状ミュオンは1980年に東京大学のチームによって高エネルギー物理学研究所（当時）ブースターシンクロトロンに設けられた施設でその発生に成功しました。その後四半世紀に渡り、同施設で生み出される研究成果はパルス状ミュオンビームが強力な実験手段であることを世界に知らしめました。この成功が後に英国ラザフォード・アップルトン研究所(RAL)でのパルス状ミュオン源の誕生、さらには理研RALミュオン施設の建設へとつながることになります。

[左写真：KEK-MSLに導入された当時の崩壊ミュオン生成用超伝導ソレノイド。MUSEではこれを改造して再利用しています。]

ミュオン科学

ミュオンは正又は負の電気をもった素粒子の一つで、静止したミュオンは百万分の2秒の寿命を持っています。質量は陽子の9分の1、電子の207倍です。物質の中で正のミュオンは軽い陽子、負のミュオンは重い電子としてふるまいます。

J-PARCにおけるミュオン利用の可能性は基礎科学から応用に至るまで広範囲に渡っており、これらの分野においてJ-PARCミュオン施設は世界的研究拠点として中心的な役割を果たすことが大いに期待されます。

基礎科学

物性物理学

銅酸化物超伝導体の物性
量子臨界点近傍の物性
第二種超伝導の磁束格子状態
半導体中の水素同位体中心

化学

ラジカル化学
水素化反応のダイナミクス
超臨界状態の化学

素粒子物理学

超対称性とミュオン稀崩壊
量子電磁気学

学際分野

μ触媒核融合

アルファ捕獲と媒質効果
超微細相互作用効果
ミュオン原子

生物物理

材料としての生命体構成物質
電子状態と分子機能

応用

非破壊分析

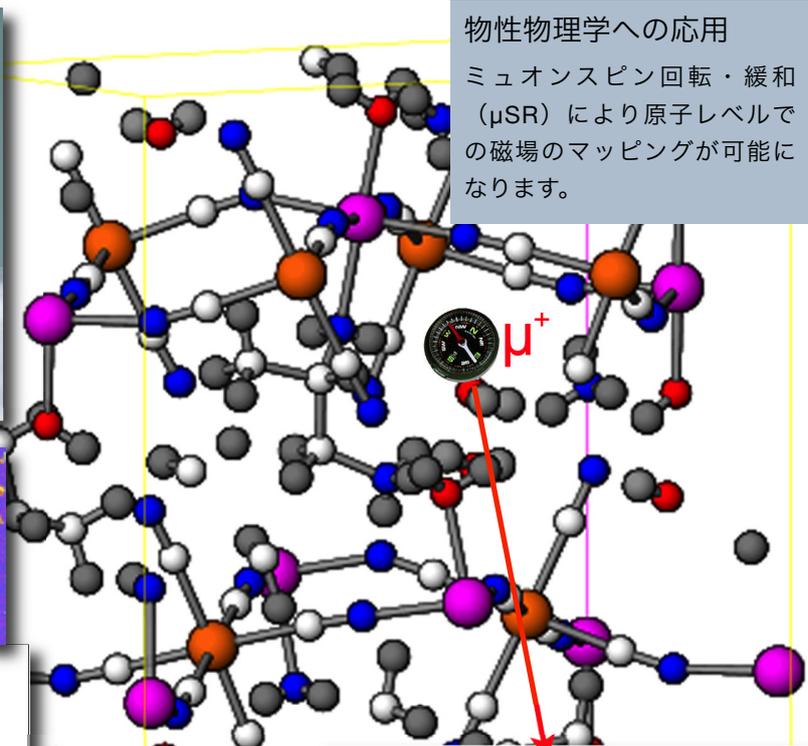
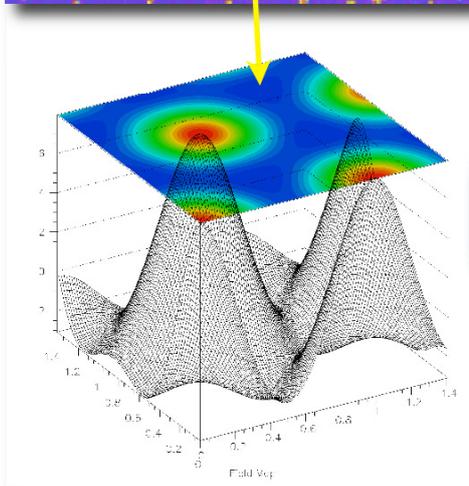
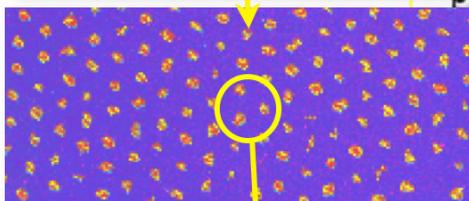
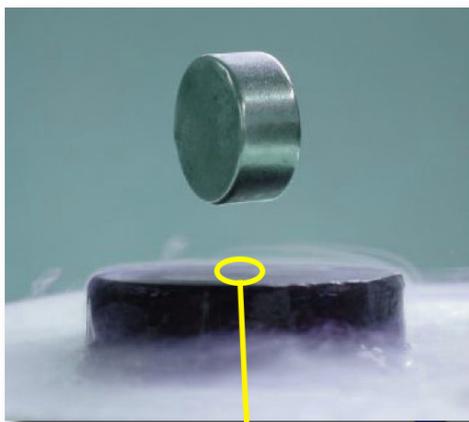
バルク敏感元素分析
トモグラフィ
ラジオグラフィ

ビーム開発

超低速ミュオンビーム
ミュオンビーム冷却/再加速

産業利用

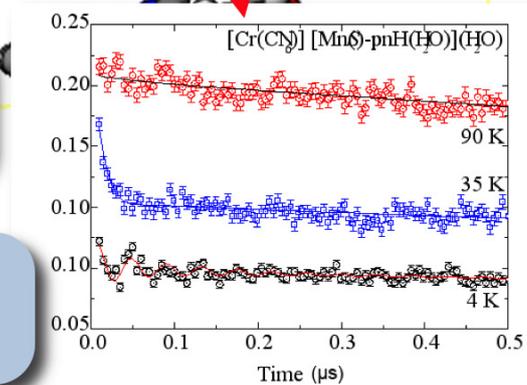
水素エネルギー利用関連
磁性材料評価



物性物理学への応用
ミュオンスピン回転・緩和 (μSR) により原子レベルでの磁場のマッピングが可能になります。

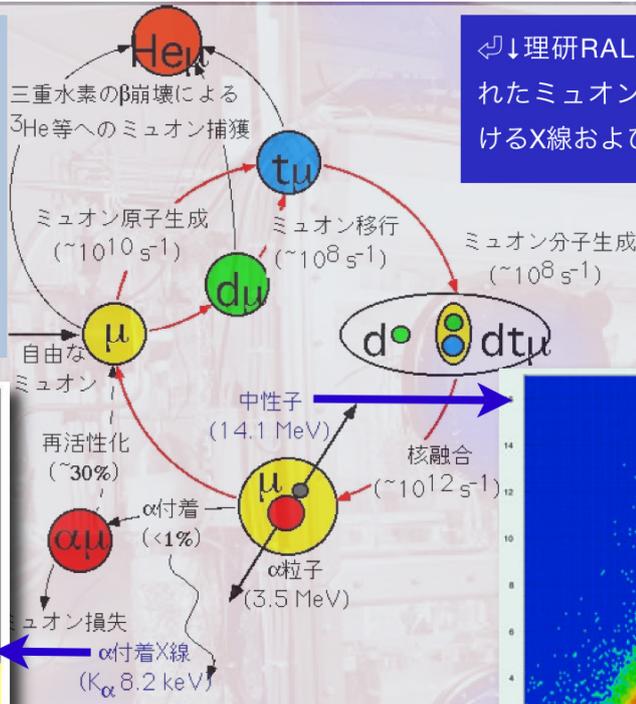
←ミュオンで精密にマップされた超伝導体の内部磁場分布

→最隣接の原子が及ぼす磁場によるミュオンの回転信号

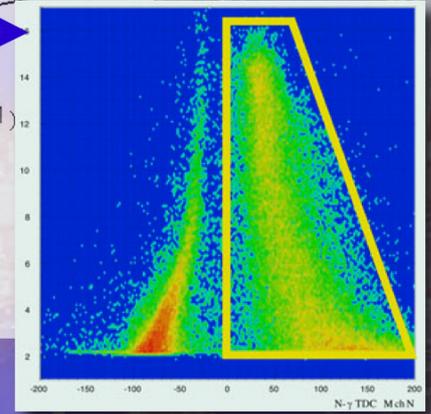
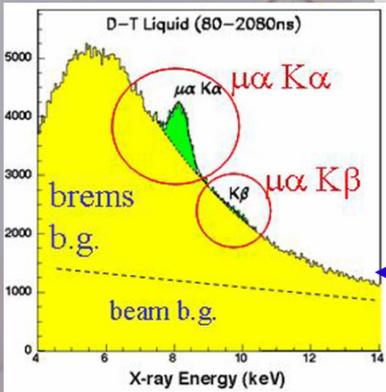


ミュオン触媒核融合(μ CF)

負の電荷をもったミュオンを低温で液化した重水素、三重水素の混合物に注入すると核融合反応が連鎖的に起こり、簡単にエネルギーを取り出すことができます。



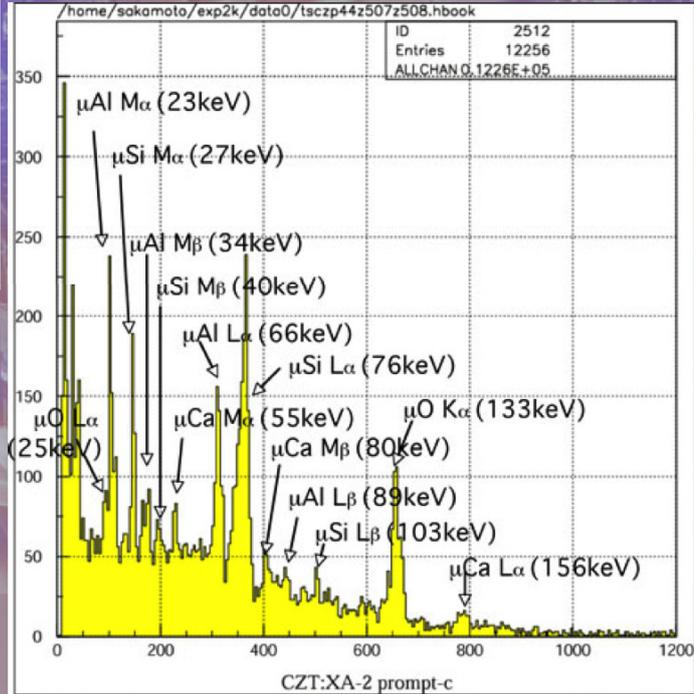
⇩理研RAL施設 (英国) で得られたミュオン触媒核融合反応におけるX線および中性子スペクトル。



ミュオンX線非破壊元素分析

負ミュオンは通常の電子に比べて200倍も重いため、原子に捕獲・束縛される過程で通常のX線よりも桁違いに高いエネルギーの特性X線 (元素によって異なるX線) を出します。このX線は数mm~数cmという厚みを貫通して検出器に到達できるので、ミュオンを試料深くに注入して試料内部の元素分析を行なうことが可能になります。

↓唐三彩 (中国の古陶器) からのミュオンX線スペクトル。通常の蛍光X線分析装置では測れない元素が見える。



[表紙: KEK-MSLの μ SR測定装置 (上)、 μ SRで研究されたバイロクロア酸化物 (下左)、J-PARC加速器のリニアック電磁石 (右上)、1937年、最初に宇宙線の中で見つかったミュオン (右下)]



J-PARC 物質生命科学ディビジョン ミュオンセクション
 大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構 物質構造科学研究所
 ミュオン科学研究施設
 URL: <http://www.j-parc.jp/>
 April, 2009