

J-PARC MLF | 物質・生命科学実験施設

世界最高強度を持つパルス中性子・ミュオン実験施設



J-PARC



MLF Building

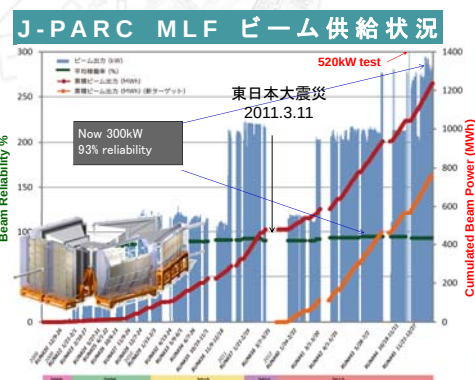
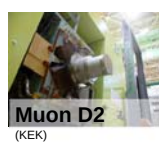
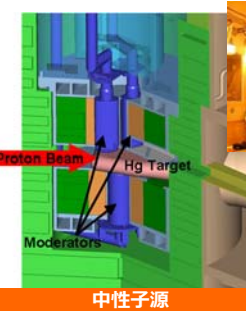
MLFは1MWクラスの大強度陽子加速器を利用した世界最先端の中性子・ミュオン源を持つ研究施設です。パルス周期は25Hzで、中性子・ミュオン共にパルスあたりでは世界最高のビーム強度を誇ります。

中性子源の特徴

液体金属（水銀）を使用したターゲット
3種の超臨界水素モデレータ
・非結晶型 ・結晶型 ・ボイズン型
23のビーム取り出し口
 6.5×10^{13} neutrons/pulse
(2013年4月現在世界最高強度)

ミュオン源の特徴

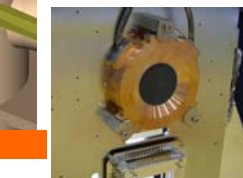
周辺冷却型グラファイトターゲット
パルスミュオンビーム
 7.2×10^5 muons / pulse
(2010年6月現在世界最高強度)

BL17 写楽
(JAEA)BL15 大観
(JAEA)Muon D2
(KEK)Muon D1
(KEK, JAEA)Muon U
(KEK)※建設中

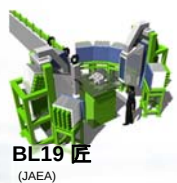
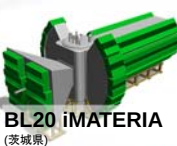
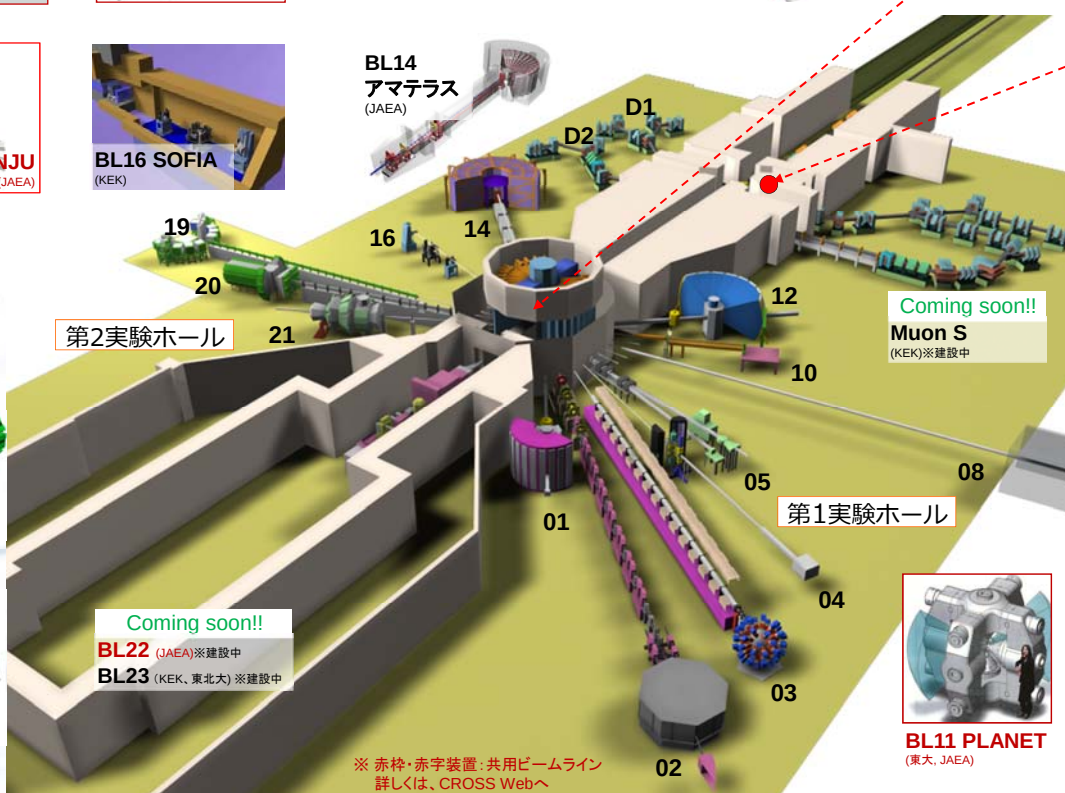
中性子源



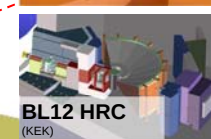
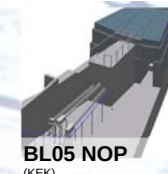
中性子ターゲット



ミュオンターゲット

BL18 SENJU
(JAEA)BL16 SOFIA
(KEK)BL19 匠
(JAEA)BL20 iMATERIA
(茨城県)BL21 NOVA
(NEDO, KEK)

※ 赤枠・赤字装置: 共用ビームライン
詳しくは、CROSS Webへ

BL12 HRC
(KEK)BL09 SPICA
(NEDO, KEK)BL08 SuperHRPD
(KEK)BL10 NOBORU
(JAEA)BL11 PLANET
(東大, JAEA)BL01 四季
(JAEA, KEK, 東北大)BL02 DNA
(JAEA)BL03 iBIX
(茨城県)BL04 ANNRI
(東北大, JAEA, 北大)BL05 NOP
(KEK)BL06 VIN ROSE
(京大, KEK)※建設中

原子力研究開発機構(JAEA)、高エネルギー加速器研究機構(KEK)、茨城県、大学などにより建設された18の中性子実験装置、2つのミュオン実験装置がMLFに配置されています。現在更に中性子実験装置3台(BL06, BL22, BL23)とミュオン実験装置2台(U, S)の建設が進行中です。 ※実験課題公募は年に2回行っています。詳しくはWebへ！

MLFにおける中性子・ミュオンの利用例

内部構造の観察

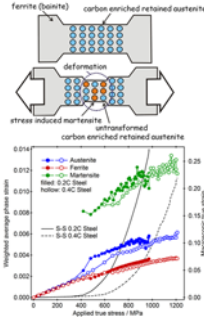
中性子の高い透過能を利用することで、バルク材料を壊すことなく、その内部構造を観察することができます。

BL19 複合組織鉄鋼材料における強化機構の解明

TRIP鋼は複合組織鋼の一つで、比較的強い母相フェライト組織と比較的延性のあるオーステナイト組織からなっています。このTRIP鋼は塑性変形させるとオーステナイト組織が両相よりも強いマルテンサイト相に変態し、材料の強度及び伸びが増加することが知られています。

高輝度・高分解能の中性子で観察することで、区別が難しいフェライト相とマルテンサイト相を区別することができ、マルテンサイト相が形成される様子を詳しく観察することができました。

Stefanus Harjo (JAEA), et al., MRS Online Proceedings 1528 (2013)

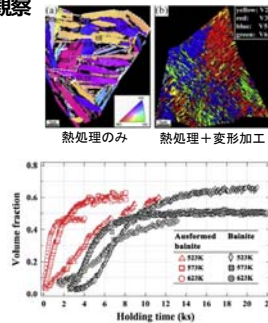


BL19 高強度鉄鋼材料の生成過程のその場観察

ナノペナイト鋼はその名の通りナノサイズのペナイト組織を持つ鉄鋼材料で、高強度鉄鋼材料として注目されていますがその形成過程は明らかになっていませんでした。

これに対してMLFでは本鉄鋼の中性子回折測定を熱処理過程の中に行うことで、ペナイト組織形成のその場観察に成功しました。これにより、熱処理と変形加工の組み合わせによってペナイト組織の形成を促進できることが明らかとなりました。

W. Gong (茨城大学), et al., Acta Materialia, 61 (2013) 4142 - 4154



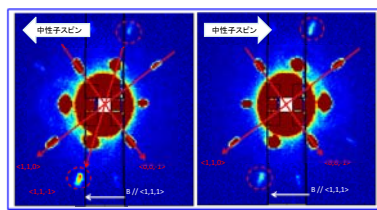
磁気構造の観察

中性子やミュオンの磁気と相互作用するという性質を利用することで、物質の磁気構造を詳細に観察することができます。

BL15 偏極中性子による結晶構造と磁気構造のカイラリティ結合の解明

左手と右手のように互いに鏡で映しあうが両者を重ね合わせることができない状態をカイラリティと言います。カイラリティを持つ結晶が磁気を帯びると、結晶対称性によって生じたカイラルな磁気構造を有することが知られています。結晶構造が左巻きのMnSiの単結晶を偏極中性子散乱実験で観察した結果、中性子スピンの方向に依存した散乱強度分布が観測されました。

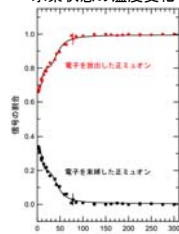
Y. Kousaka (青山学院大学), et al., in press (Journal of the Physical Society Conference Proceedings)



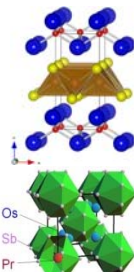
Muon 磁性プローブとしてのミュオンの利用

1/2のスピンの持つミュオンを物質中に注入すると、周囲の電子や原子核の作る磁場を感じて歳差運動しながら徐々に崩壊し、陽電子を放出します。この陽電子を捉えることで、物質内部のミクロな磁気構造を知ることができます。

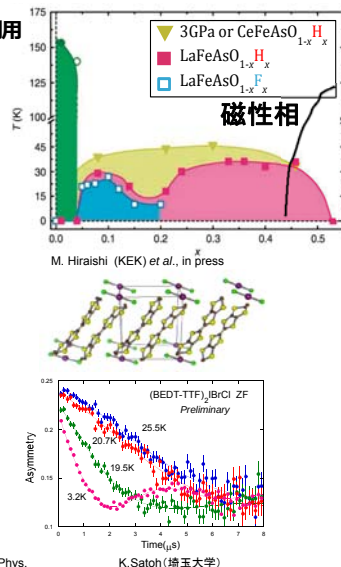
水素状態の温度変化



T. Ito (JAEA) et al., Appl. Phys. Lett. 103, 042905 (2013)



Lei. Shu (UCRiverside), et al., Phys. Rev. B 83 (2011) 100504(1-4)



M. Hiraishi (KEK) et al., in press

K. Satoh (埼玉大学)

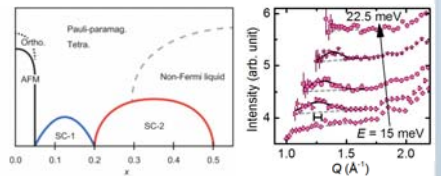
ダイナミクスの観察

非弾性中性子散乱法(中性子分光法)を用いることで、物質を構成する原子や磁気スピンのダイナミクスを観察することができます。

BL01 新超伝導相のスピン揺らぎの観測

反強磁性体ではキャリア濃度が高くなると、超伝導は抑制されスピン揺らぎの減少が見られますが、LaFeAsO_{1-x}H_xの研究では、さらにキャリア濃度を増やすと再び超伝導相が復活することがわかりました。非弾性中性子散乱法で、この第2の超伝導相におけるスピン揺らぎを直接観測することにより、第2の超伝導相は第1のそれとは異なる運動量とエネルギーを持ち、超伝導に複数の電子軌道が寄与している可能性が高いことが示されました。

S. Iimura (東京工業大学) et al., Phys. Rev. B 88, 060501(R) (2013)



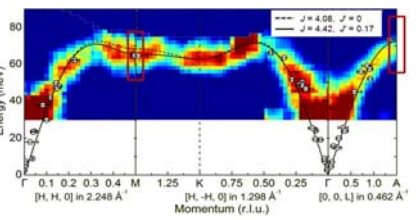
鉄系超伝導体のキャリア濃度に対する相図。AFM, SC-1, SC-2はそれぞれ反強磁性相、従来の超伝導相、最近発見された超伝導相

四季で観測された励起スペクトル。1.3Å⁻¹付近のピークがスピン揺らぎによるもの

BL08 BL14 マルチフェロイック物質の機構解明への取り組み

マルチフェロイック物質は磁気的性質と電気的性質が結びついた物質で、様々な電子デバイスへの応用が期待されています。非弾性中性子散乱法でマルチフェロイック物質中の原子の振動(格子振動)と磁気スピンの振動(磁気励起)を調べ、さらに磁気構造とエネルギーを調べることで、格子振動の影響を受けて変化する磁気励起の様子が初めて観測されました。

R. Kiyonagi (JAEA), et al., J. Phys. Soc. Jpn., 81 (2012), 024603.
J. Jeong (Seoul National U.), et al., Phys. Rev. Lett., 108 (2012) 077202.



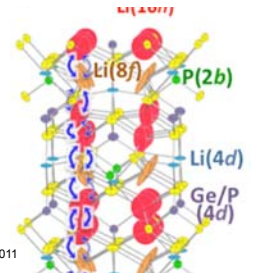
軽元素の観察

水素原子やリチウム原子といった軽元素と大きな相互作用を持つという中性子の特徴を利用し、電池材料中のリチウムイオンなどの可視化を行うことができます。

BL08 BL20 世界最高の固体電解質の開発とその構造解明

液体電解質は発火の危険が高く、電気自動車の普及にリスクがあります。最近、これまでにない高い伝導率を示す固体電解質が開発され、高エネルギー密度で安全性が高い全固体型リチウム電池の実現性が高まってきました。この物質を中性子回折装置で調べた結果、原子が3次元的に骨格を形成し、その間をリチウムイオンが流れる経路があることがわかりました。

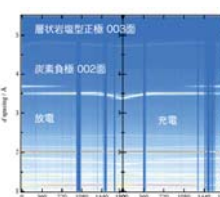
N. Kamaya (東京工業大学) Nature Materials 10: 682-686, 2011



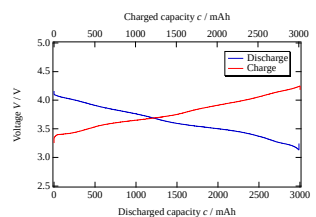
BL09 BL20 充放電下の電極材料における原子配列変化の直接観察

充電や放電は酸化還元反応ですが、中性子を使うと、リチウムなどの原子配列が酸化還元の進行とともに変化する様子を調べることができます。特殊環境発生装置を設置できる中性子装置を使って、実電池内部の電極等の原子配列を充放電しながら観察することに成功しました。

NEDO革新型蓄電池先端科学基礎研究事業 (RISING事業) ニュースレター No.12, 2014



(a) 時分割回折データには、正極負極材料の構造変化がはっきりと観測されている。



(b) 上記の実験時の充放電曲線。

充放電での電極構造変化