

# J-PARC MLF(物質・生命科学実験施設)

大友季哉(J-PARC MLF/KEK物構研)

柴山充弘(CROSS)

1. MLFの新体制
2. MLFの中性子実験装置
3. 運転履歴とスケジュール  
1MW 試験運転
4. MLFの最近の成果
5. MLFのアクティビティー
6. TS2 中性子・ミュオン標的 (CDRの作成)
7. 新型コロナウイルス禍でのMLFの取組

# 1. MLF新体制

J-PARCセンター  
物質・生命科学実験施設  
ディビジョン長 大友 季哉



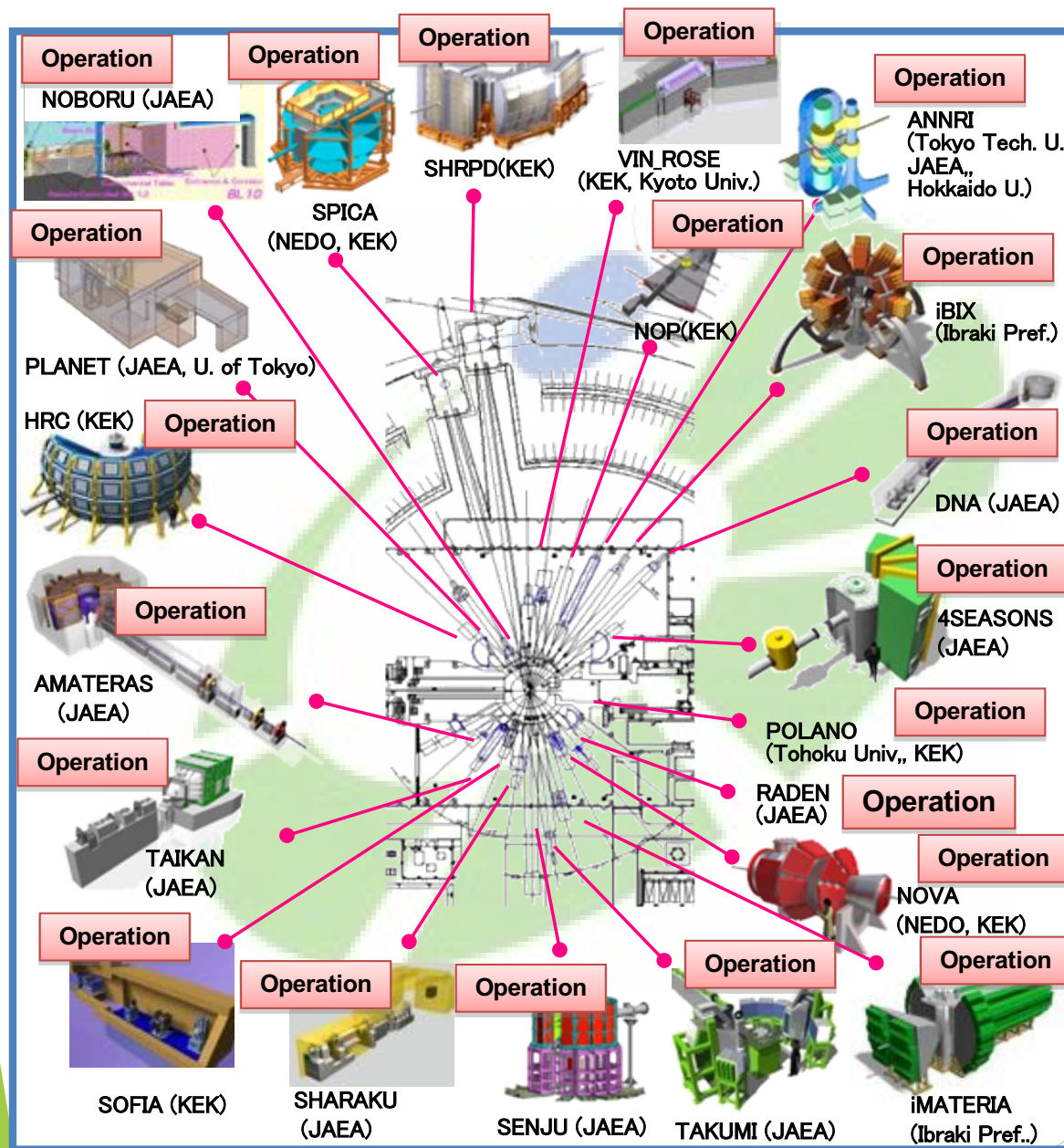
CROSS 中性子科学センター  
センター長 柴山 充弘



1. 日本中性子科学会学会誌「波紋」
2. 日本中性子科学会学会誌「波紋」

2020年8月号 巻頭言  
2020年11月号 巻頭言

## 2-1. MLFの中性子装置



- 23 Neutron Beam Ports
- Operation: **21** (April, 2018)
- Commissioning: **0**

**VIN-ROSE (NSE): 利用運転開始 @2017B**

Schematic top view of VIN\_ROSE



**POLANO**  
(Polarization  
Analysis Spect.)



利用運転開始@2019A

## 2-2 ミュオン実験施設

### Sライン

低速 (4 MeV)  
**正ミュオン**  
超低温／強磁  
場／パルス励  
起 $\mu$ SR物性研究.

### Uライン

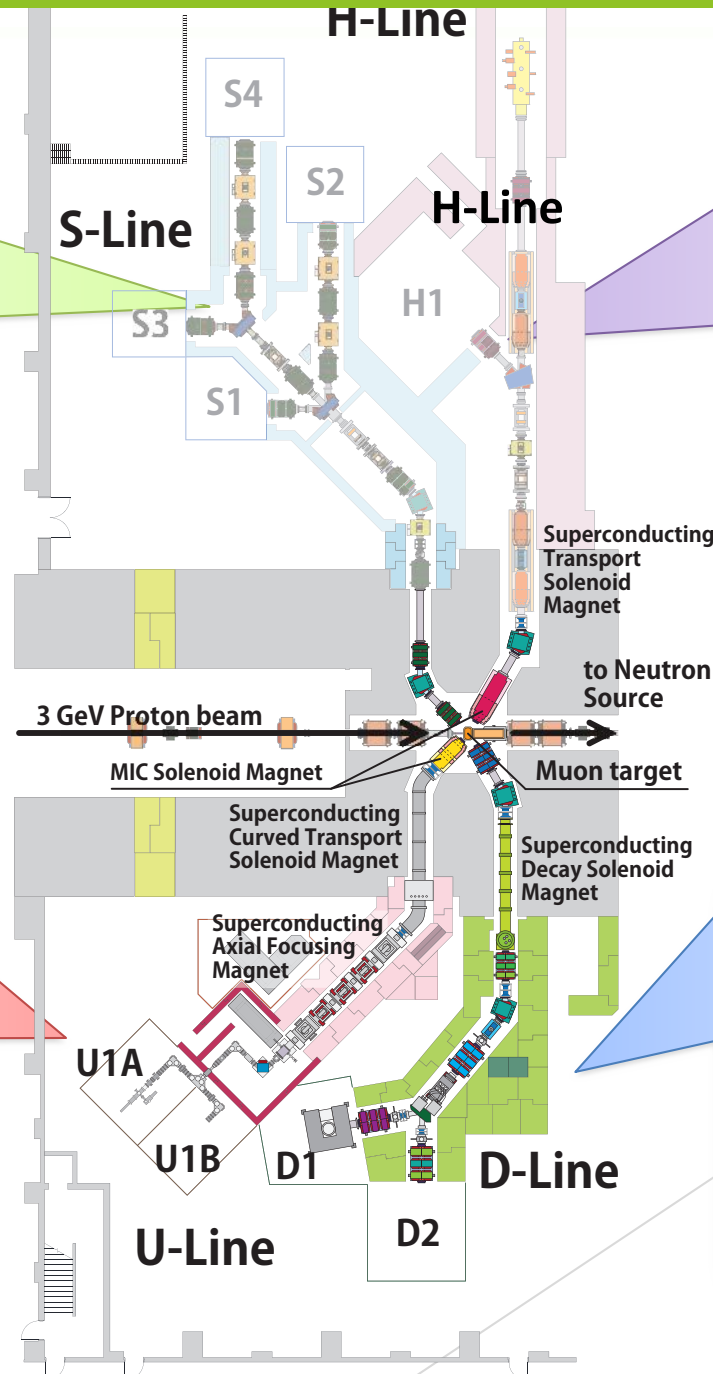
超低速 (0.1 ~ 30  
keV) **正ミュオン**  
ナノメートル深さ分  
解能/表面・界面  
物性研究.

### Hライン

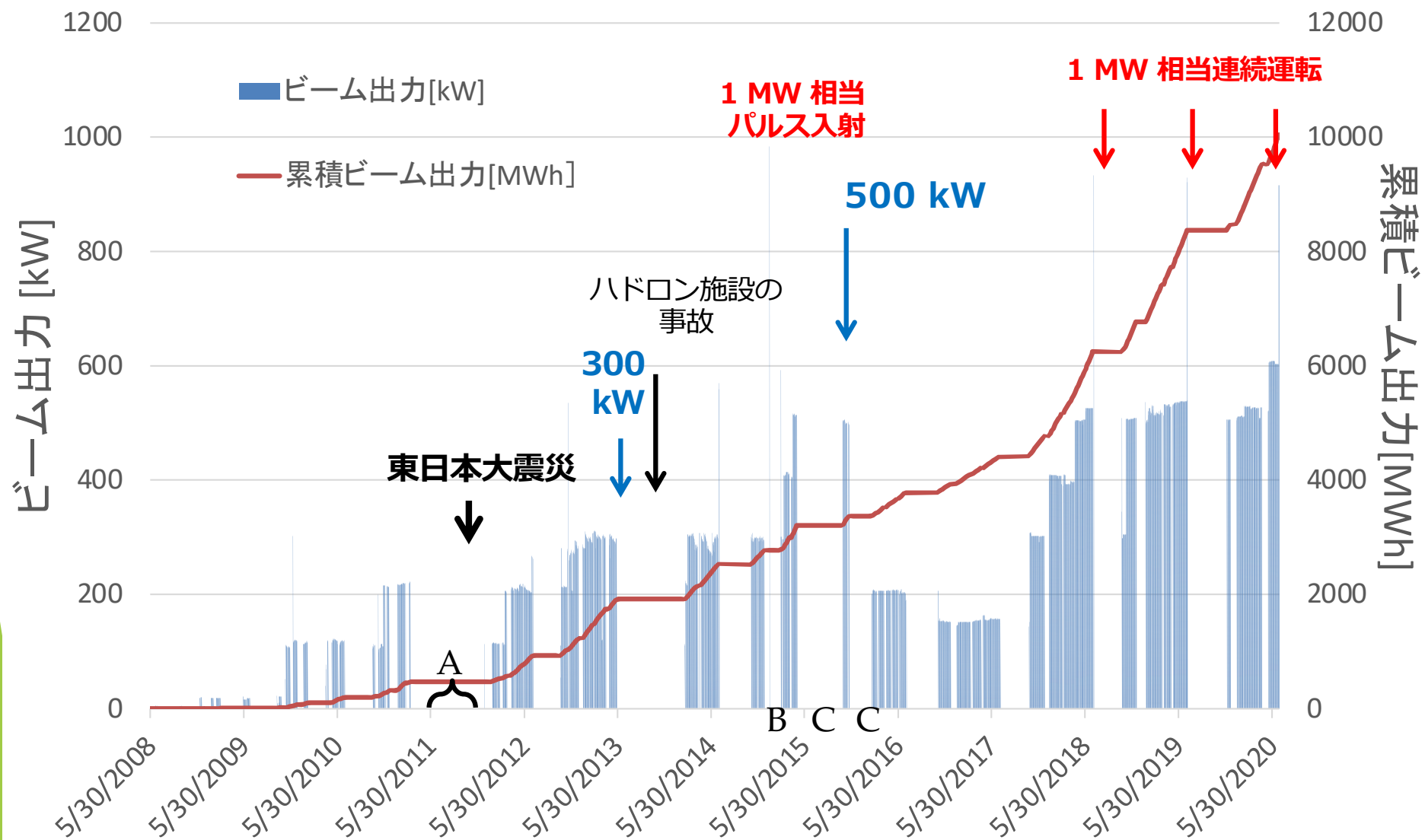
低速 (4 MeV) ~  
高速 (50 MeV)  
**正・負ミュオン**  
**大強度・原子物  
理/素粒子実験.**

### Dライン

低速 (4 MeV) ~  
高速 (50 MeV)  
**正・負ミュオン**  
汎用ビームライ  
ン.



# 3-1.Beam Power History at MLF



A:震災後約10ヶ月の運転停止

B:MLFでの火災後運転停止

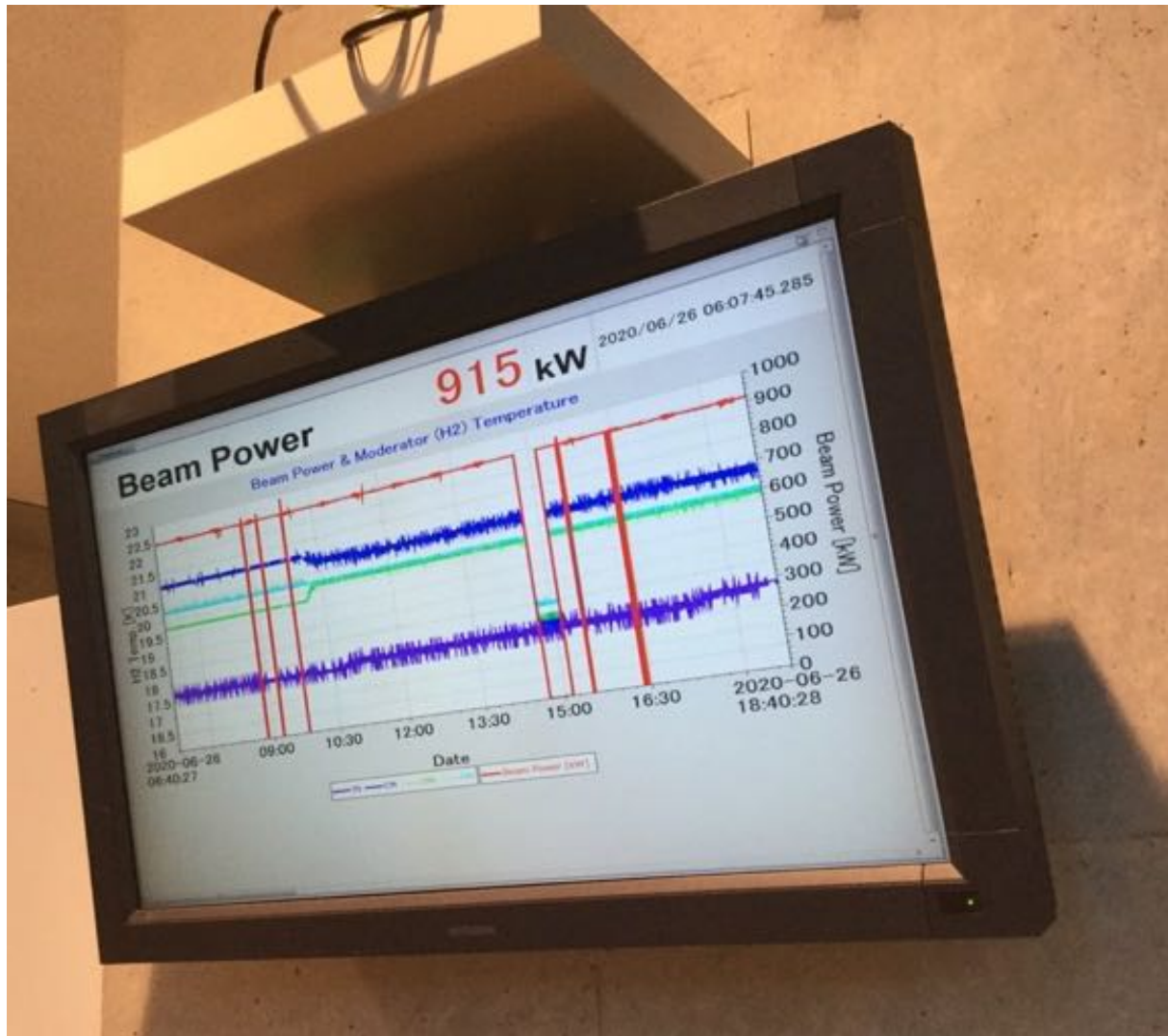
C:中性子標的容器不具合による停止と容器交換

2020年6月26日現在



## 3-2.1 MW試験運転の実施

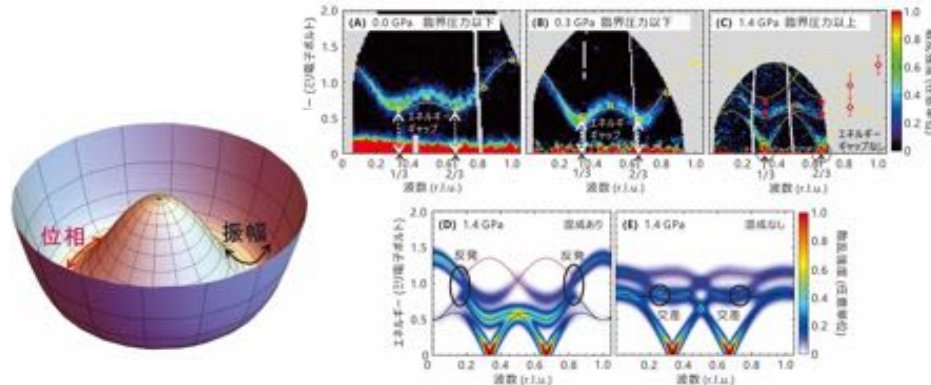
2020年6月25日～6月27日（内36.5時間）



# 4.最近のトピックス

## フラストレート量子磁性体におけるハイブリッド励起を発見

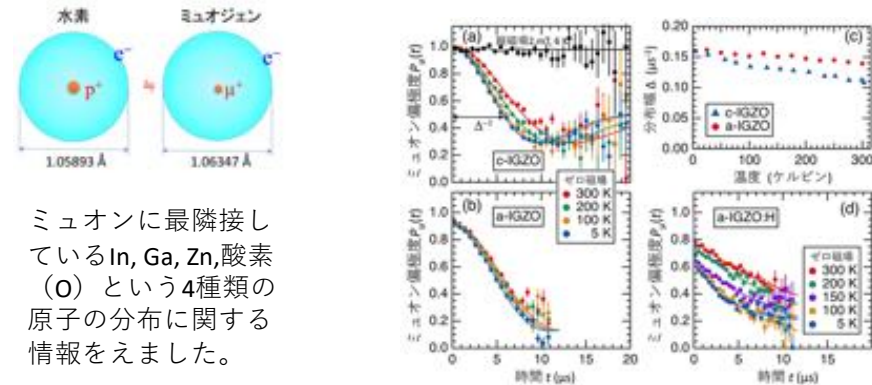
フラストレート量子磁性体 $\text{CsFeCl}_3$ の励起スペクトルを圧力下中性子非弾性散乱により観測した位相揺らぎと振幅揺らぎのハイブリッド励起の検証に初めて成功した。



Science Advances (2019)

## ディスプレイ用半導体 (IGZO) 中の微量水素の振舞いをミュオンで明らかに

半導体・誘電体などの電子材料では、その伝導性や誘電率がppmレベルの微量不純物に大きく左右されます。水素の微視的な情報を得る唯一の手段。



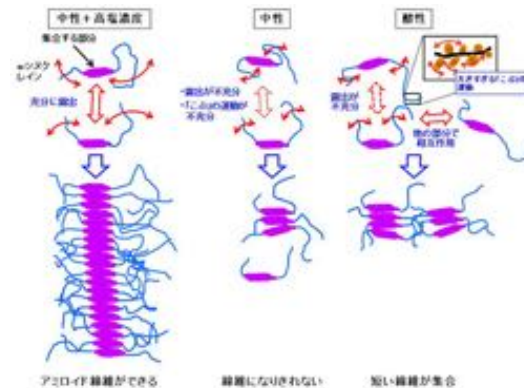
ミュオンに最隣接しているIn, Ga, Zn,酸素(O)という4種類の原子の分布に関する情報をえました。

Applied Physics Letters (2019)

## タンパク質の動きがパーキンソン病を引き起こす

パーキンソン病は分子が集合して「アミロイド線維」と呼ばれる塊を作ることにより起こります。

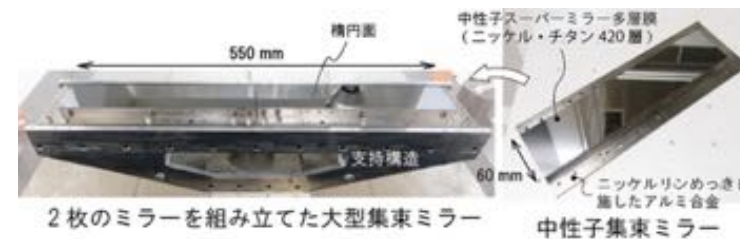
正常なタンパク質分子の**特定の運動** (分子の折れ曲がり運動と分子内部の局所的運動) が、分子が集合して「アミロイド線維」と呼ばれる異常な塊を作る過程に関与することを世界で初めて発見



Journal of Molecular Biology (2019)

動き方の違いとアミロイド線維のできやすさの関係

## 超精密な金属製中性子集束ミラーの開発



金型用の超精密加工技術と金属多層膜の成膜技術を融合させることで、耐放射線性の高い金属材料のみで構成される長距離で精密に集束させることができる中性子集束ミラーの開発に成功しました。

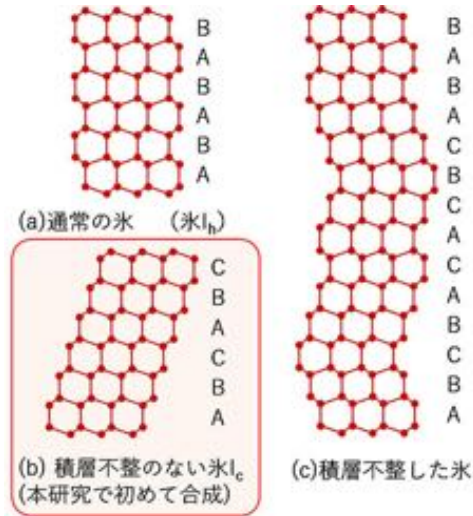
Optics Express (2019)



# 4.最近のトピックス

## 乱れない氷をつくる

- ・氷Icと同じ水分子フレームワークを持つ水素ハイドレート高压相を低温下で脱圧することで、積層不整のない氷Icの合成に世界で初めて成功した。
- ・得られた氷Icはこれまでにない高温安定性を持つことが明らかとなった。
- ・今後、積層不整のない氷Icの物性に関する研究が飛躍的に進み、積層不整が氷の物性に与える影響についても解明されていくことが期待できる

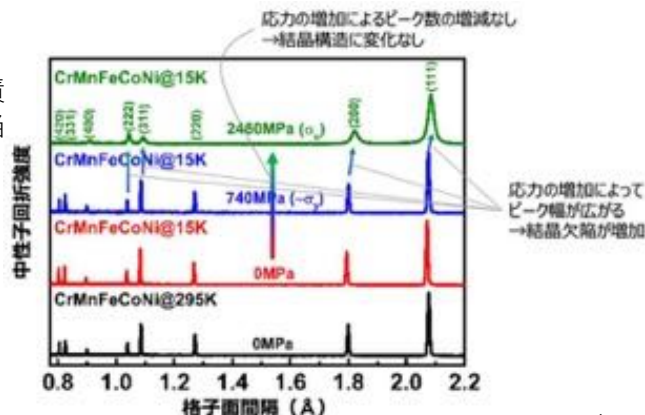


Nature Communications (2020)

## 極低温で現れる先進的合金の特異な変形メカニズムを解明

極低温で変形中のハイエントロピー合金に、「その場中性子回折実験」を行い、原子レベルで何が起きているかを観察しました。

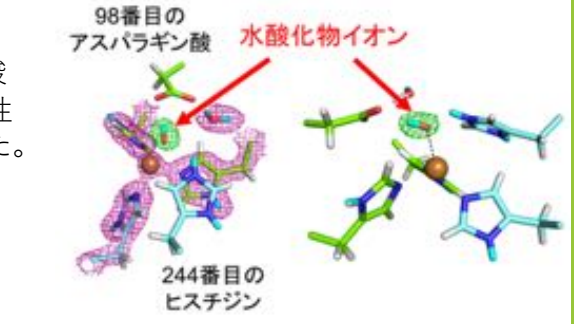
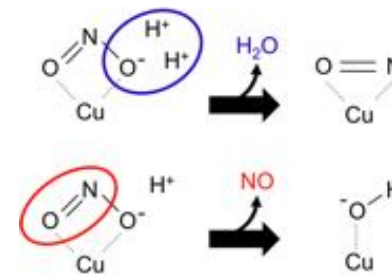
その結果、ハイエントロピー合金の結晶構造は変化せず、転位や積層欠陥などの結晶欠陥の発生・増加や移動、局所的な変形など、複数の変形機構が組み合わさって働くことで、このような特異な変形が実現していることを明らかにしました。



Science Advances (2020)

## 地球の窒素循環を担う酵素の反応機構を全原子構造決定により解明

地球の窒素循環の鍵反応を担うタンパク質である銅含有亜硝酸還元酵素 (CuNIR) の高精度中性子結晶構造解析に成功しました。

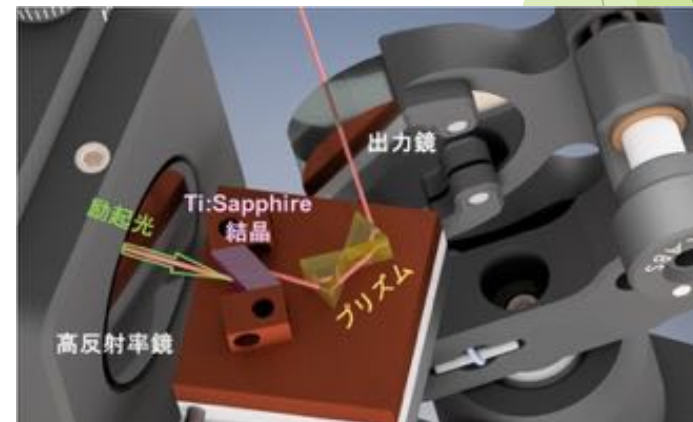


(左図) 上はX線結晶構造に基づいて従来考えられていた機構下は量子化学計算が支持する機構。今回の中性子結晶構造解析の結果は下の機構を支持した。

PNAS (2020)

## 超流動ヘリウム中の流れの可視化へ

可搬型の小型計測装置を開発し、超流動4Heに中性子ビームを照射することによって生成された4He<sub>2</sub>エキシマーからの発光現象の確認に成功しました。



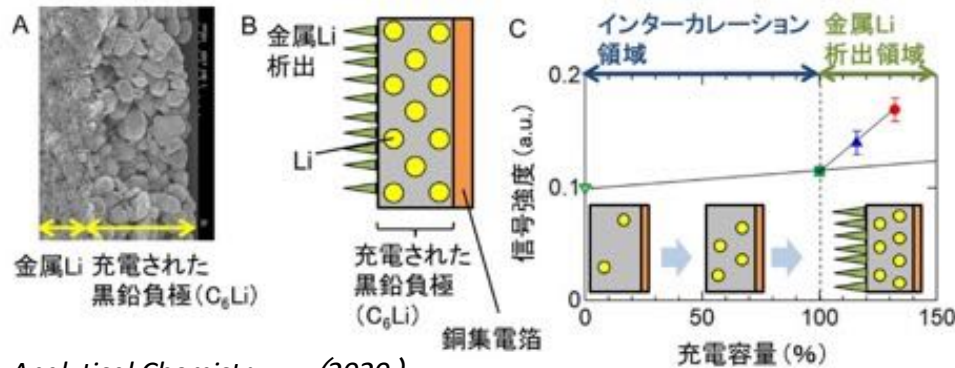
Review of Scientific Instruments (2020) Editor's Pick



# 4.最近のトピックス

## リチウムイオン電池電極に析出した金属リチウムをミュオンで検知

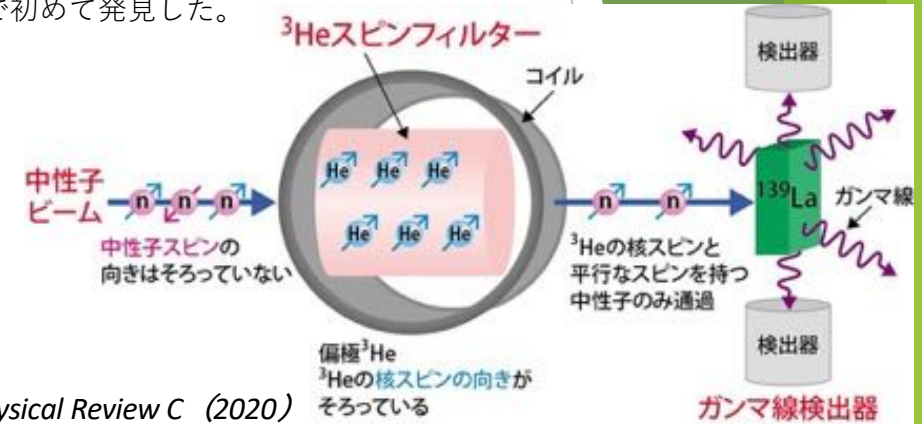
・リチウムのミュオン特性X線を検出可能となったJ-PARC MLFのミュオンビームラインにおいて、リチウムイオン電池電極に析出した金属リチウムを世界で初めて検出



Analytical Chemistry (2020)

## 大強度偏極熱外中性子で、原子核内での対称性の破れの増幅現象に迫る

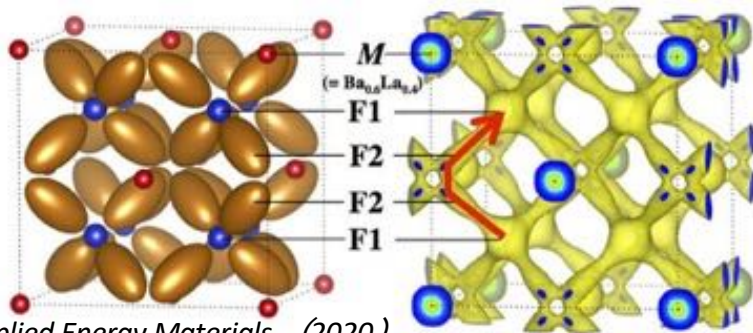
J-PARCで開発した偏極装置をJ-PARCの大強度中性子ビームラインに導入し、偏極熱外中性子ビームを原子核に照射したことで、偏極した中性子を吸収した原子核から放出されるガンマ線の放出方向に偏りがあることを世界で初めて発見した。



Physical Review C (2020)

## フッ化物イオン導電性固体電解質のイオン伝導メカニズムを解明

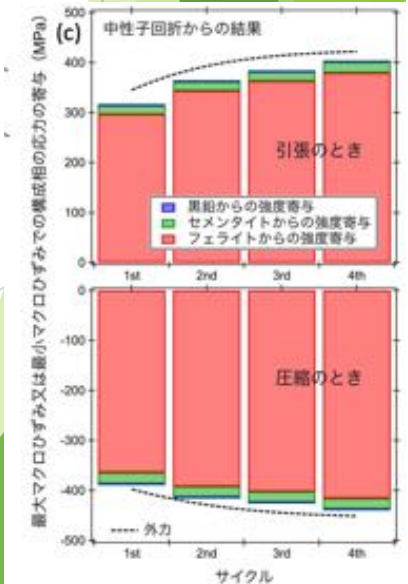
蓄電池研究用中性子回折装置を利用し、 $\text{Ba}_{0.6}\text{La}_{0.4}\text{F}_{2.4}$ 固体電解質の原子位置や核密度分布(散乱長密度分布)を精密に決定しました。その結果、フッ化物イオン伝導経路の可視化に成功し、準格子間拡散をベースとする拡散機構によってFが伝導経路内を移動することを明らかにしました。



ACS Applied Energy Materials (2020)

## 鋳鉄が強化されるメカニズムを大強度中性子ビームで解明

球状黒鉛鋳鉄を繰り返し引張圧縮変形させながら「その場中性子回折実験」を行い、球状黒鉛鋳鉄の構成相それぞれの外力に対する応答を観測しました。その結果「フェライト」に結晶欠陥(転位)が蓄積されることによりが球状黒鉛鋳鉄全体の強度の増加に大きく寄与していることを明らかにしました。



Acta Materialia (2020)

# 5. MLFのアクティビティー

## 産業利用の推進

J-PARC JOIN (J-PARC Joint Office for Innovation)の設置

研究者(大学, 企業, 研究機関)



窓口

連携

中性子産業利用推進協議会

J-PARC JOIN

- 窓口の一元化
- 課題解決に導く研究者/連携先の紹介
- 情報発信

⇒ 利用研究実施 ⇒ 研究成果 ⇒ イノベーション

J-PARC JOINの役割はJ-PARCを支える4機関(JAEA, KEK, CROSS, 茨城県)が一丸となり, 産学連携/産業利用を活発化すること

J-PARC MLF

- ・中性子利用
- ・ミュオン利用

JRR-3

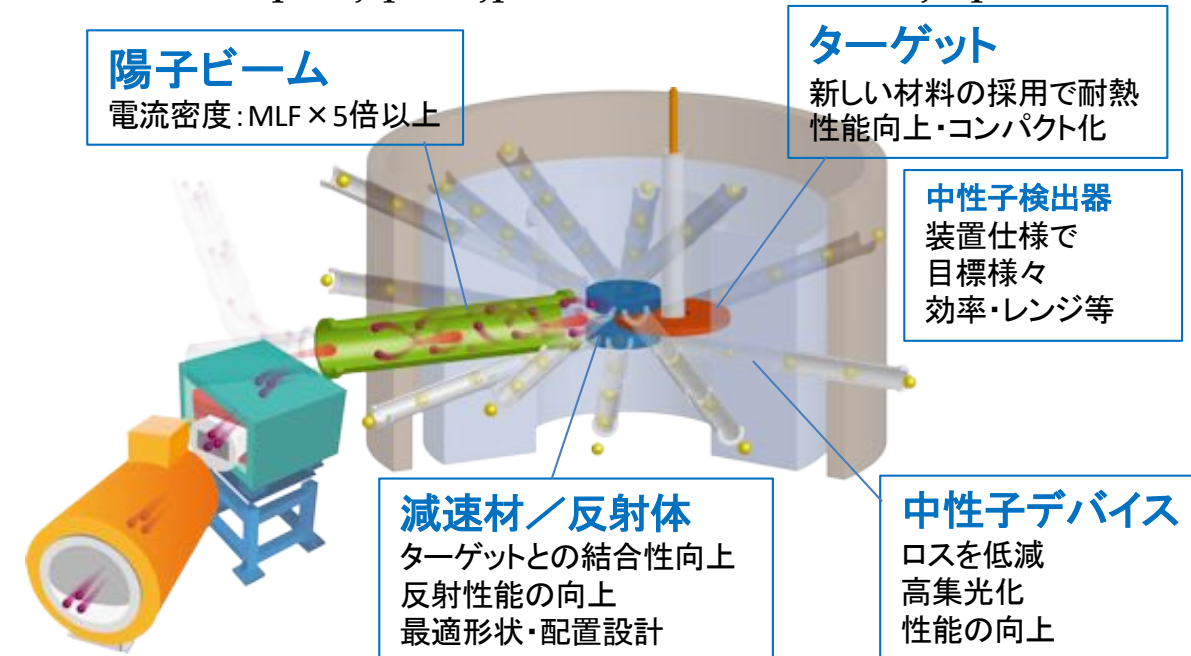
- ・中性子利用

The 4th  
Neutron and Muon School  
& MIRAI PhD School 2019



## 6. TS2 中性子・ミュオン標的 (CDRの作成)

<https://j-parc.jp/researcher/MatLife/ja/publication/files/TS2CDR.pdf>



**中性子: 20倍以上の輝度増大**

ターゲット、減速材等: 10倍以上  
中性子デバイス: 2倍以上

**ミュオン: 50~100倍の強度増大**

ターゲット: 10倍以上  
ミュオン捕獲: 5倍以上

**加速器**

加速器強度:

1 MW → 1.5 MW

(TS1: 1 MW, TS2: 0.5 MW)

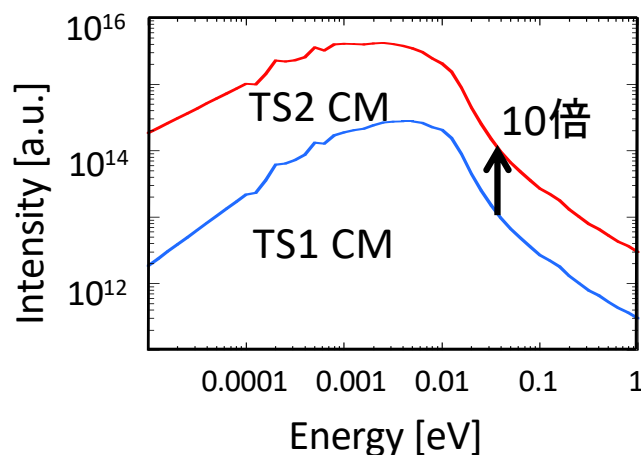
繰り返し周期

25 Hz → 25 Hz

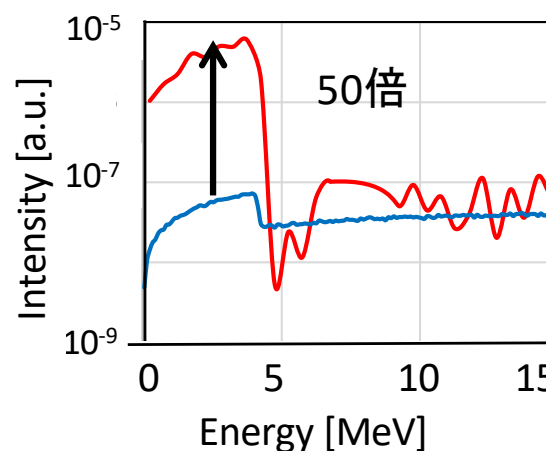
(TS1: 17 Hz, TS2: 8 Hz)

**長波長の効率的利用**

中性子ビーム強度計算



ミュオンビーム強度計算





# 7. 新型コロナウイルス禍でのMLFの取組

## (1) ユーザー受け入れ

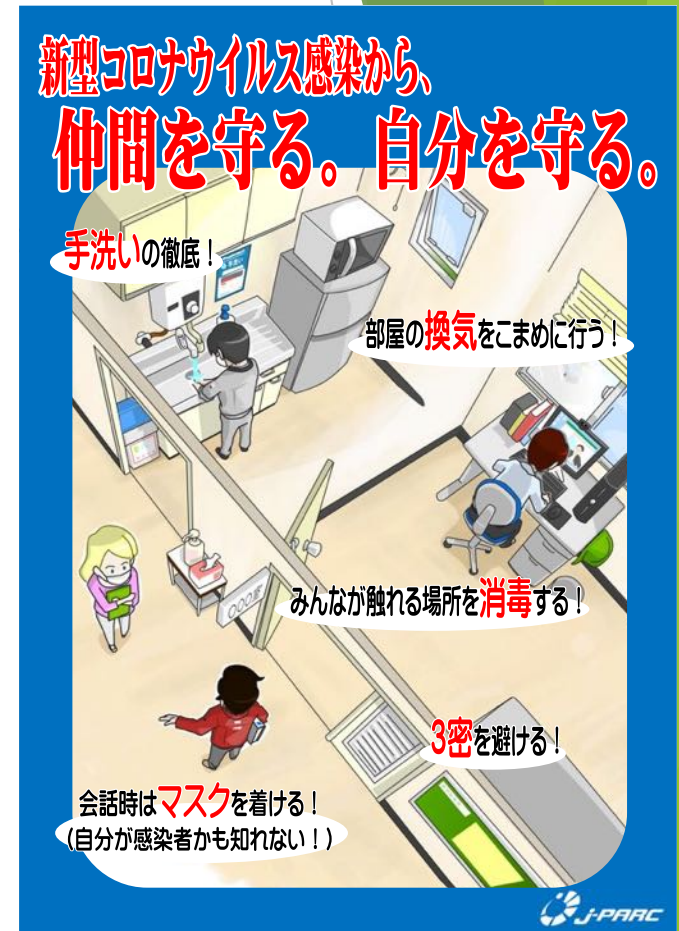
- ▶ 4/8 スタッフおよびユーザーの安全確保を優先し、外部ユーザーの受入停止
- ▶ 4/20 緊急事態宣言の拡大及び茨城県の要請を鑑み、J-PARCの運転を停止
- ▶ 安全を確保しつつ、5/15より利用運転を再開（停止日数13日）
  - ▶ 5/18～ 500 kWから600 kWにパワーアップ
  - ▶ 5/22～ 茨城県内ユーザーの受け入れ再開
  - ▶ 5/28～ 緊急事態宣言が解除された都道府県からのユーザー受け入れ再開（要承認）
  - ▶ 6/1～ 東京・神奈川・埼玉・千葉・北海道からのユーザーのみ要承認
  - ▶ 6/19～ 全都道府県からのユーザー受け入れ再開
- ▶ ユーザー受け入れ停止期間は、可能な課題のみ代行実験を実施
  - ▶ 受け入れ停止期間に実施できなかった課題は有効期限を2020年度末まで延長して対応



# 7. 新型コロナウイルス禍でのMLFの取組

## (2) 感染予防

- ▶ ユーザーズオフィスでの体調確認票の提出
- ▶ MLF管理区域入域時の感染防止対策
  - ▶ 手消毒・検温・行先記帳
  - ▶ マスク配布
- ▶ MLF内の定期消毒
  - ▶ 管理区域：1回/日
  - ▶ 一般区域（ユーザー控室・玄関ロビー・トイレ等）：4回/日
- ▶ 実験室内キャビンでの感染防止対策
  - ▶ 3密回避と換気
  - ▶ マスク着用
  - ▶ 共通使用物品の消毒
- ▶ 十分な休養をとり、免疫力を高めることを推奨



# 7. 新型コロナウイルス禍でのMLFの取組

## (3)一般利用課題(短期、1年)の公募

新型コロナウイルス感染症による実験課題への影響に対応

- ▶ 2020Bと2021Aを統合した期の短期課題
- ▶ 2020Bと2021Aを統合した期に2021B期を加えた期の1年課題  
(BL11のみ)

- 公募期間：2020年6月17日（水）～7月15日（水） 約1ヶ月
- 利用期間：
  - ・ 短期課題：2020年12月～2021年6月
  - ・ 1年課題：2020年12月～2022年3月（予定）
- 陽子ビーム出力：600kW（予定）

例年10～11月頃に実施する（今回の場合は2021A）の公募を今年  
は実施しない可能性あり

# 7. 新型コロナウイルス禍でのMLFの取組

## (4) new normalの検討

### 1. 施設運営の強靱化

- ▶ 測定自動化・省力化
- ▶ リモート実験環境整備

### 2. MLFでの人材育成支援

- ▶ 学生の長期派遣受け入れ制度

<http://j-parc.jp/c/student/index.html>

### 3. コロナ禍での国際連携のあり方の検討

### 4. 新型コロナウイルス関連研究をはじめとする社会貢献

- ▶ 文部科学省のホームページに掲載
- ▶ 外部有識者の協力の下、新型コロナウイルス関連研究の情報収
- ▶ COVID-19以外での社会貢献（エネルギー、温暖化など）