



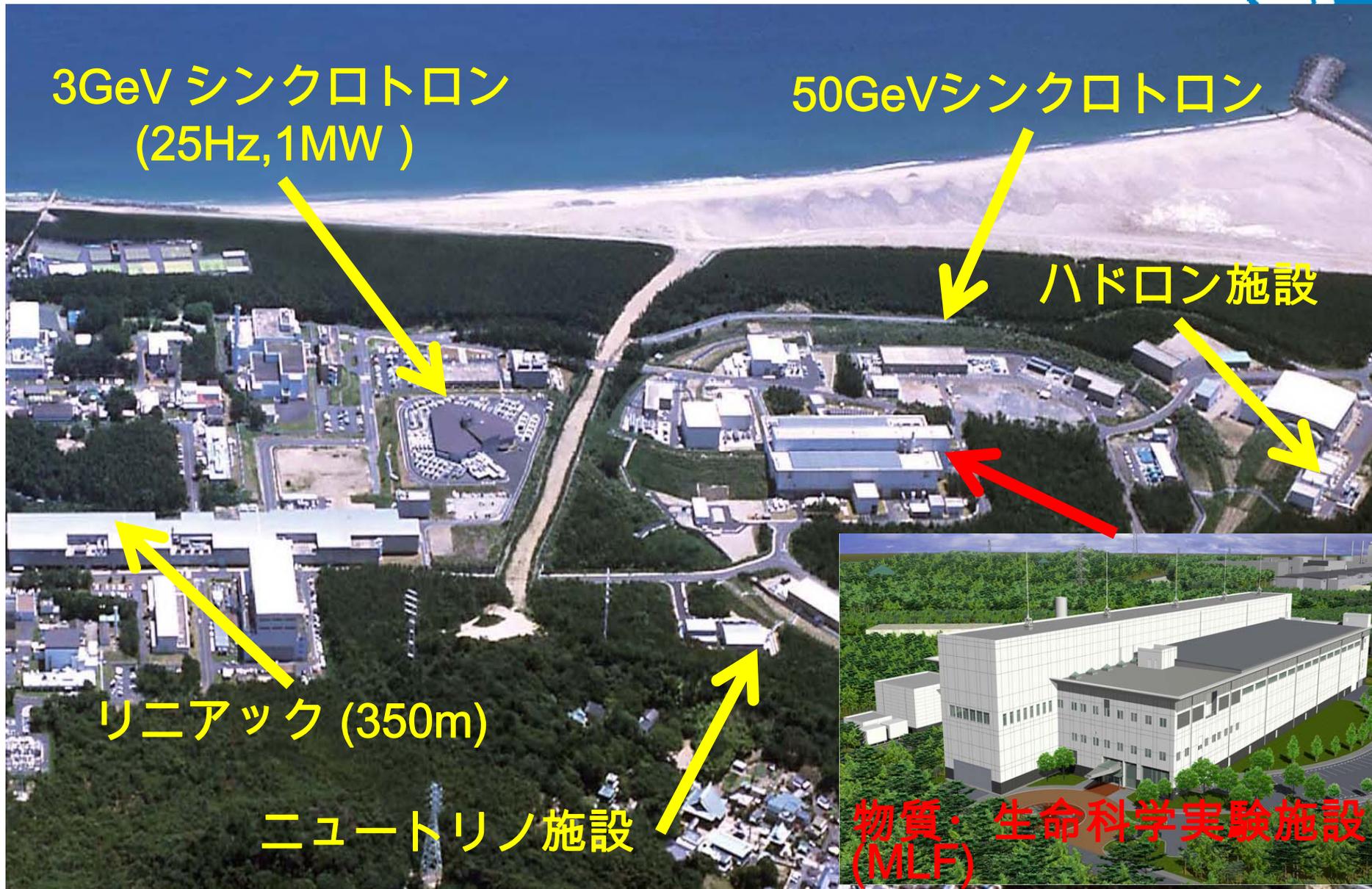
J-PARCエネルギー分析型 中性子イメージング装置「螺鈿」の現状

甲斐 哲也¹、篠原 武尚¹、及川 健一¹、中谷 健¹、瀬川 麻里子¹、
廣井 孝介¹、蘇玉 華¹、林田 洋寿²、J. D. Parker²、松本 吉弘²、
張 朔源²、鬼柳 善明³

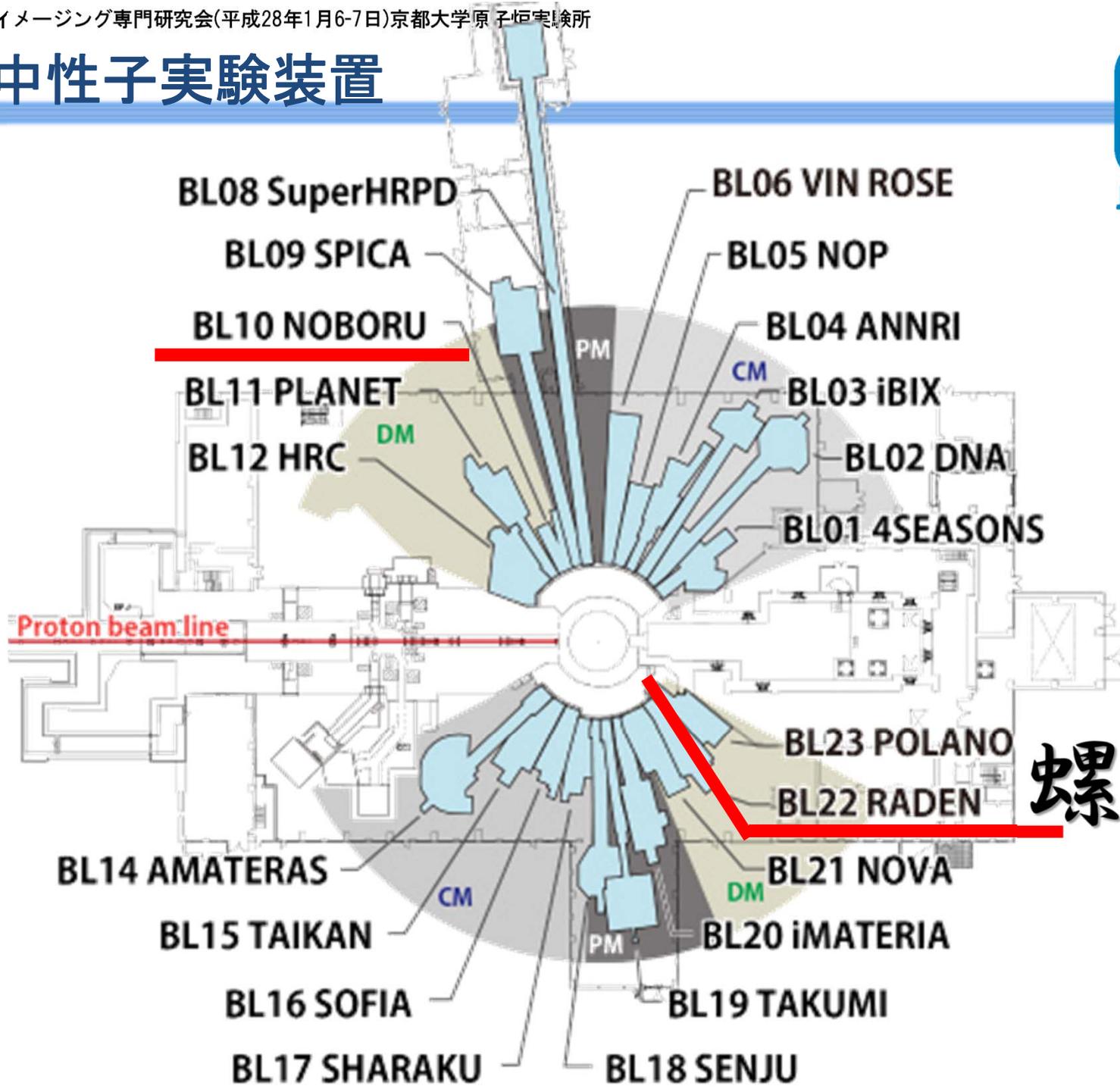
- 1) 日本原子力研究開発機構
- 2) 総合科学研究機構
- 3) 名古屋大学

J-PARC (大強度陽子加速器施設)

Japan Proton Accelerator Research Complex



MLFの中性子実験装置



螺鈿

RADENの概要

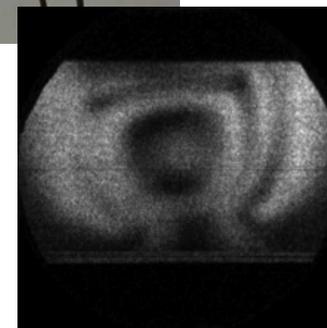
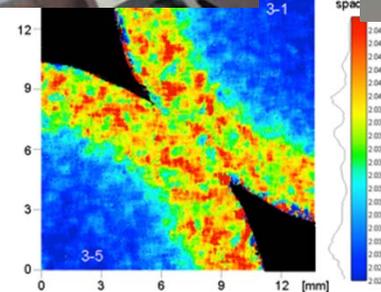
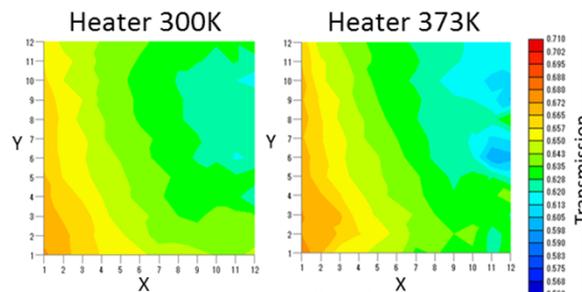
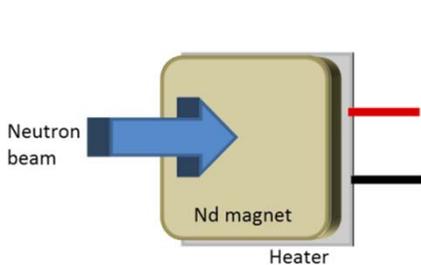
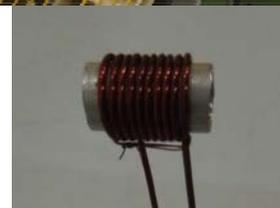


高性能中性子ラジオグラフィ装置

- 高L/D (高解像度撮像が可能)
- 大面積 (最大口30cm)
- 広い実験室空間

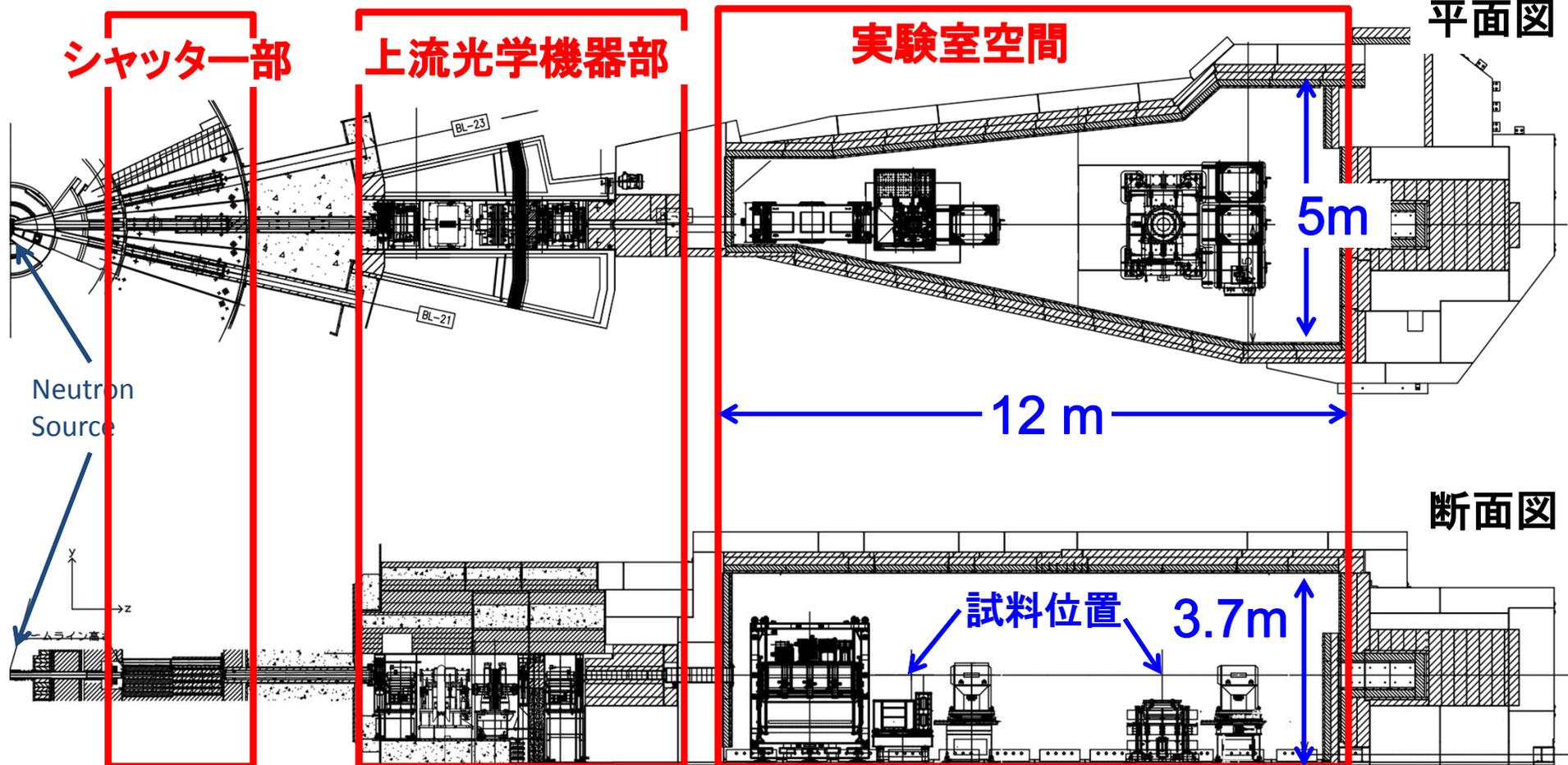
世界初のパルス中性子イメージング装置として新手法の開発をリード

- 共鳴吸収イメージング
- ブラッグエッジイメージング
- 偏極中性子イメージング



Nd-Fe-B magnet with temperature distribution (Nd-146 4.36eV)

ビームラインレイアウト

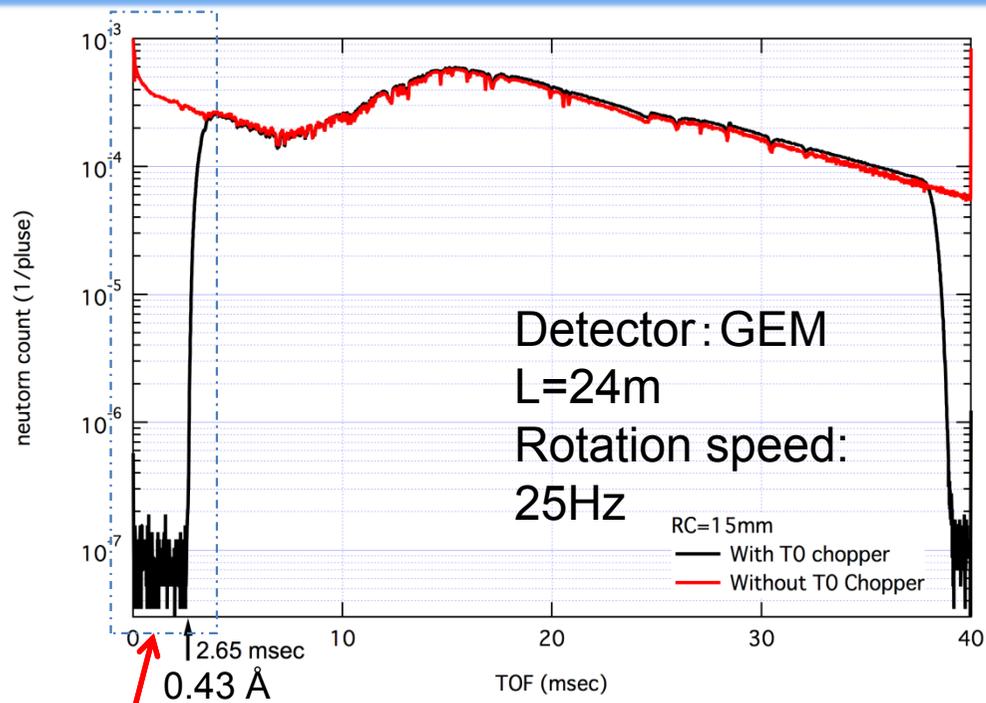


- シャッター部+上流光学機器部で**ビーム条件制御**
- **広い実験室空間**+クレーン(<500kg) + **大型ハッチ**
- 実験条件に応じて**試料位置**を選択可能(L=18m or 23m)



上流光学機器の コミッショニング状況

T0チョッパー

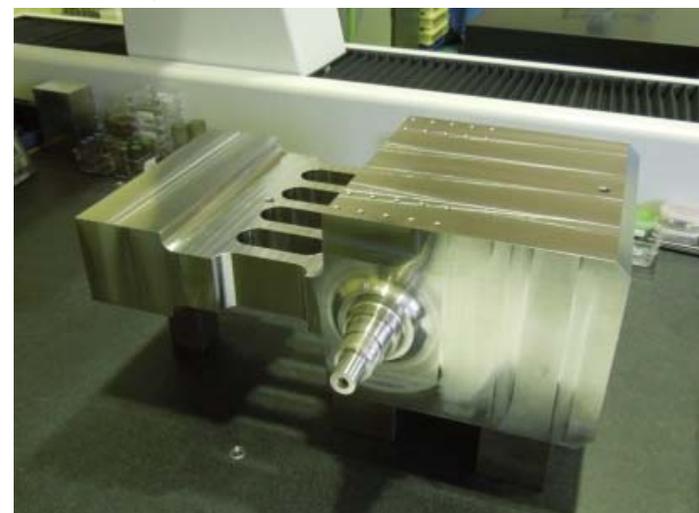


- 陽子パルス入射時の高エネルギー中性子 / γ 線を抑制する
- T0チョッパーにより高エネルギー成分を $10^{-3} - 10^{-4}$ に抑制
- T0チョッパー使用時に利用可能な波長は、0.43 Å以上 (0.4eV以下)

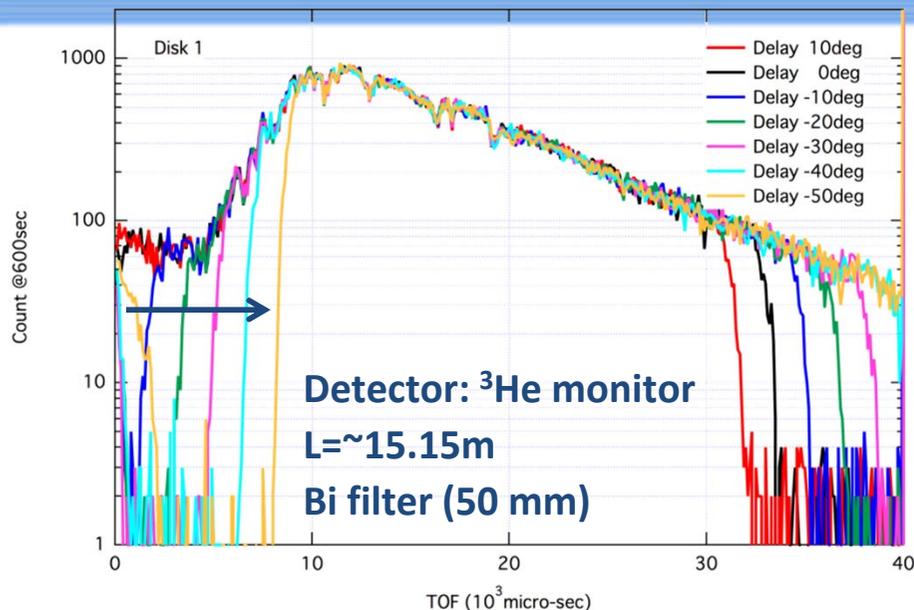
T0チョッパー設置の様子



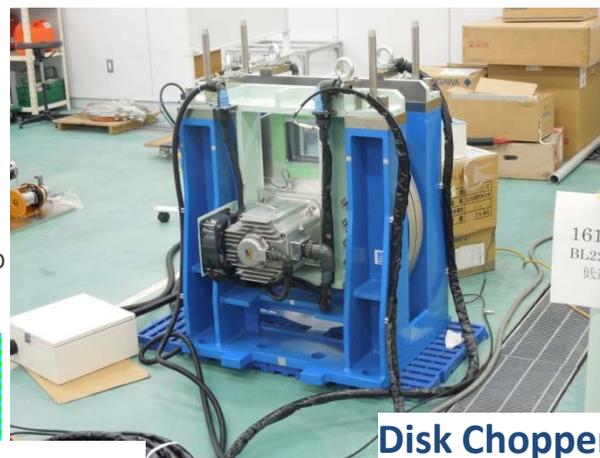
T0チョッパーのハンマー



ディスクチョッパー



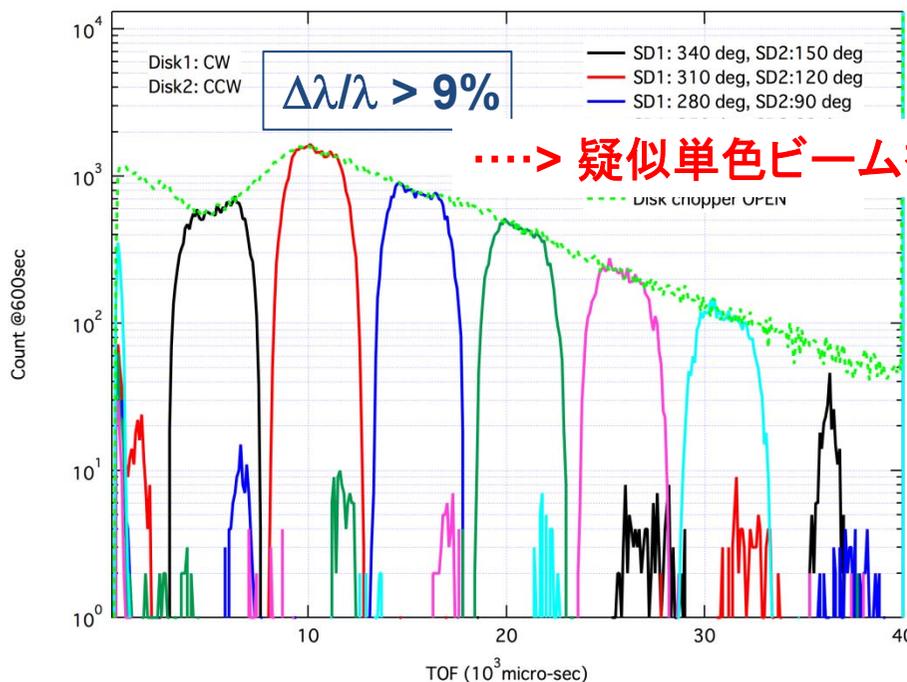
2枚の回転するディスクを使って、中性子の波長範囲を限定する。



Disk Chopper



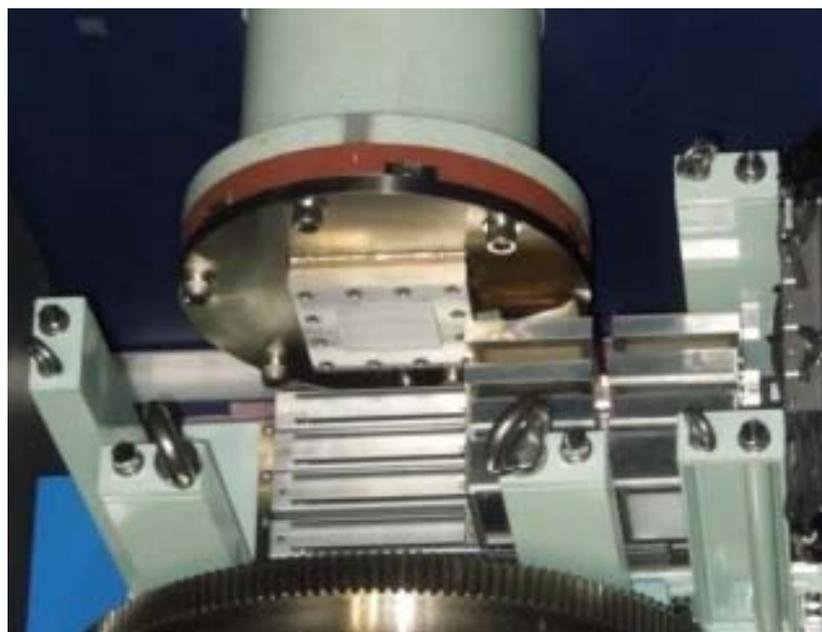
Opening angle of the disk = 190°



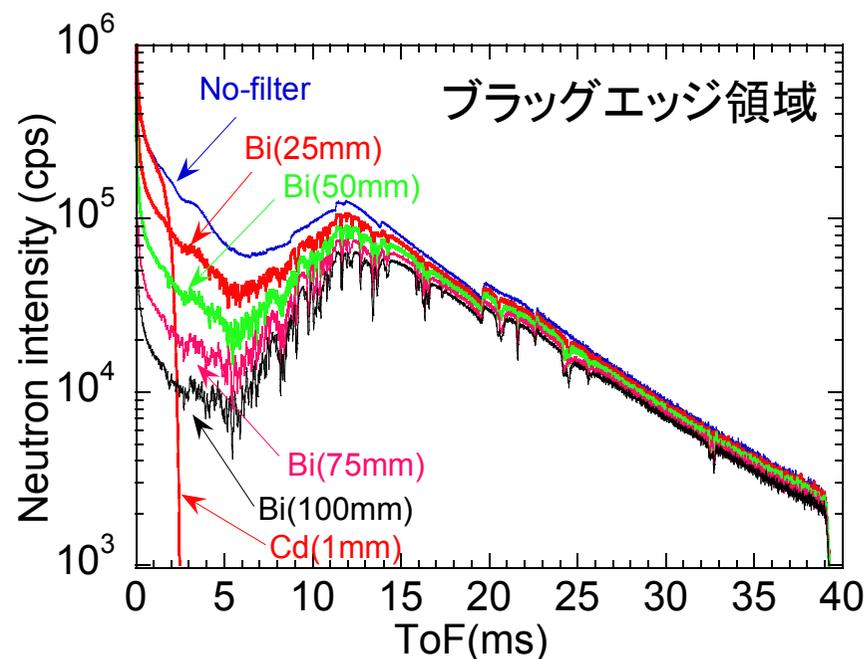
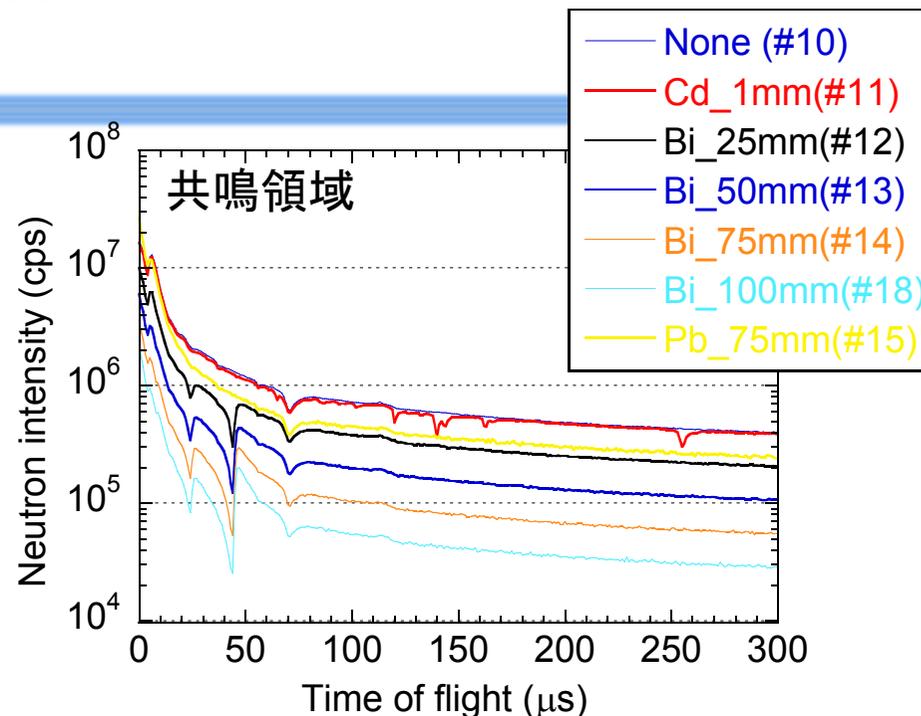
Opening angle = 20 deg.
Disk1: CW, Disk2: CCW

フィルター

1. BK7(1) / Acrylic resin(5)
 2. Cd(1) / Bi (25)
 3. Pb(25) / Bi (25)
 4. Pb(50) / Bi (50)
- (): thickness in mm



^6Li -glass pixel-type detector
L=19m



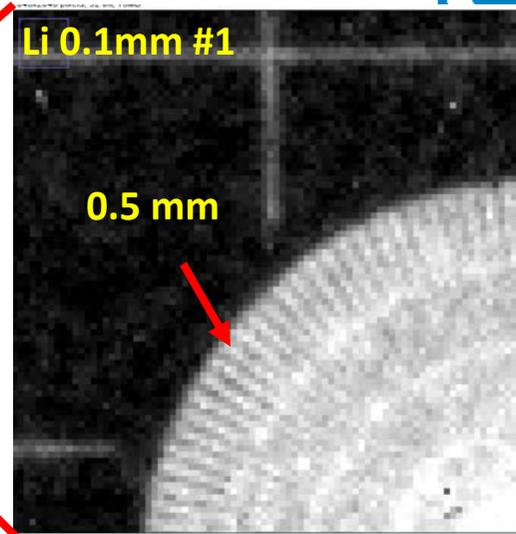
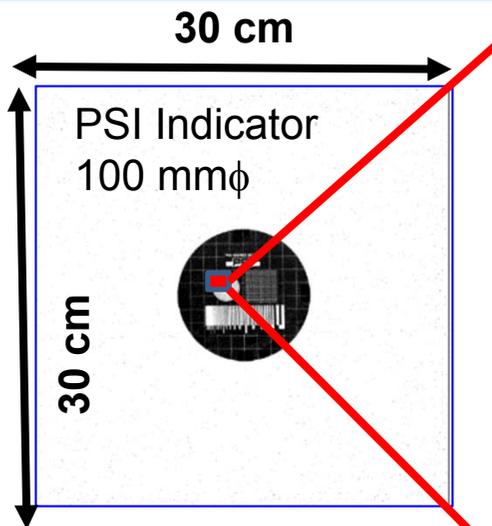


検出器の コミッショニング状況

カメラ型検出器の空間分解能

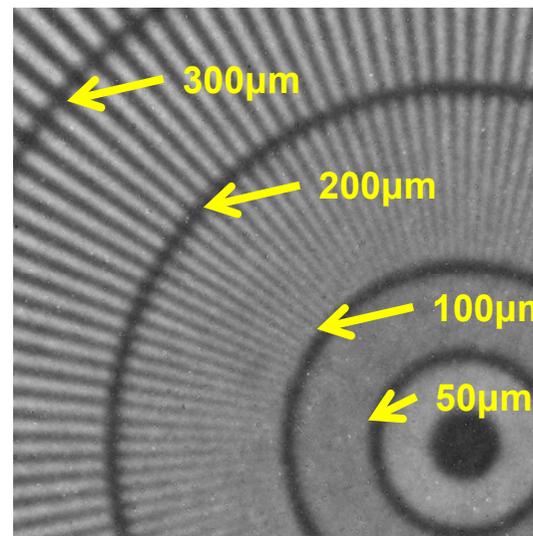
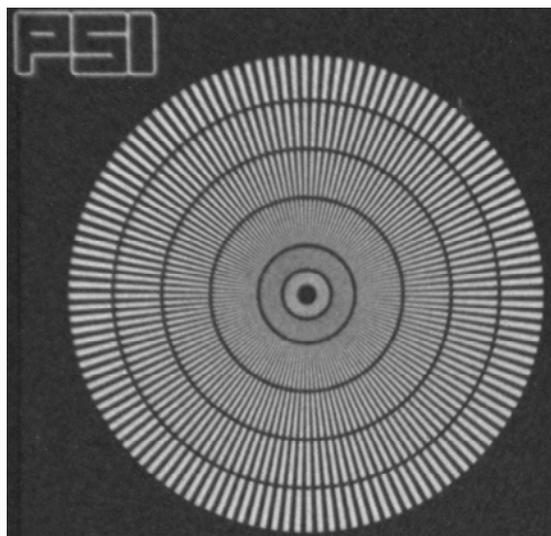


冷却CCD+シンチレータ



FOV=300mm → 0.14 mm/pix

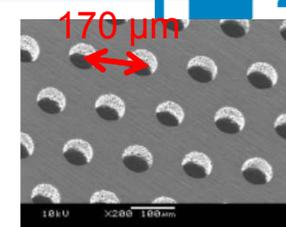
4インチカラーi.i.



計数型検出器

GEM: ^{10}B コートガス電子増幅検出器

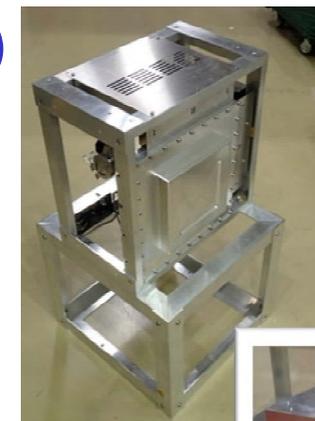
検出視野: 100 x 100 mm
空間分解能: ~ 0.8 mm
最大計数率: ~ 12 MHz



GEM surface

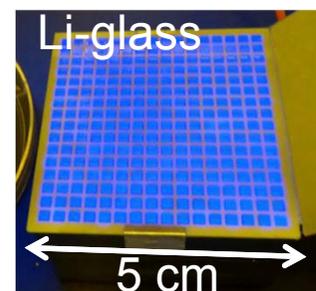
μNID : マイクロピクセルチェンバー($\mu\text{-PIC}$) 中性子イメージング検出器(^3He ガス使用)

検出視野: 100 x 100 mm
空間分解能: ~ 0.1 mm
最大計数率: ~ 1 MHz

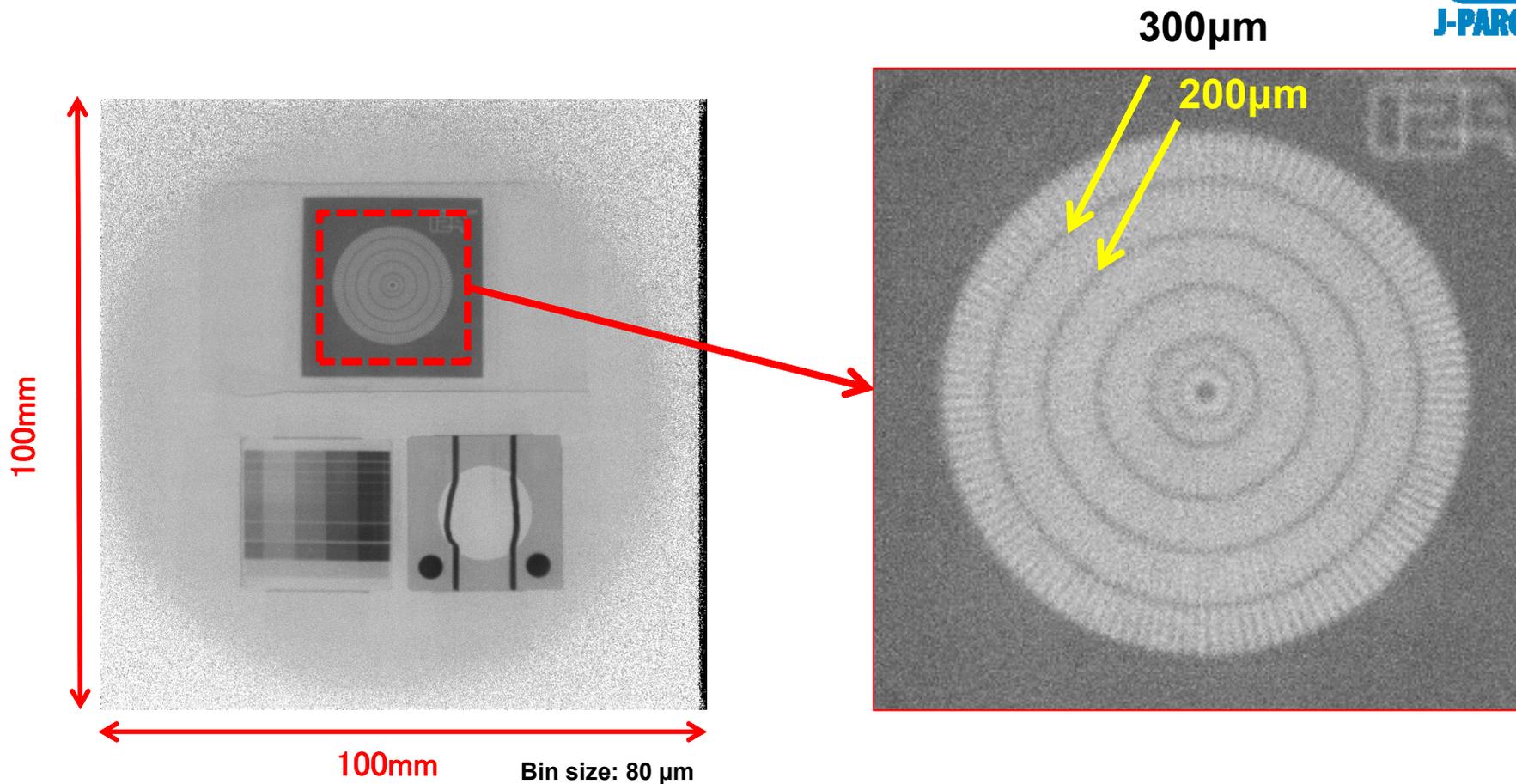


ピクセル型Liガラスシンチレータ +マルチアノード光電子増倍管

検出視野: 50 x 50 mm
空間分解能: 3 mm
最大計数率: ~ 12 MHz



μ NID検出器の空間分解能



- 計数型検出器でも、カメラ型に迫る空間分解能が得られる見込み。
- 今後、改良を継続する。



これまでの測定例

3次元トモグラフィ

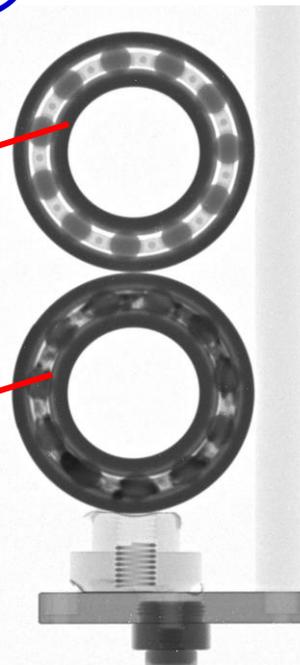
ベアリング中のオイル

試料提供: トヨタ中研

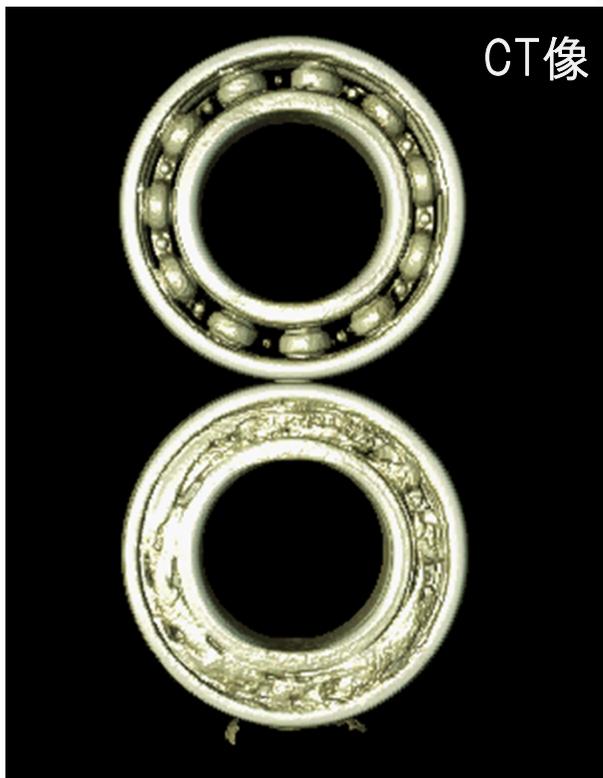


ベアリング
(オイル無)

ベアリング
(オイル有)



透過像

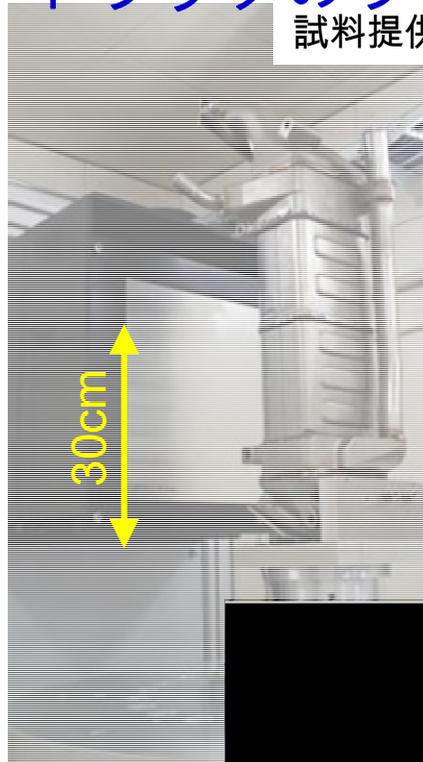


CT像

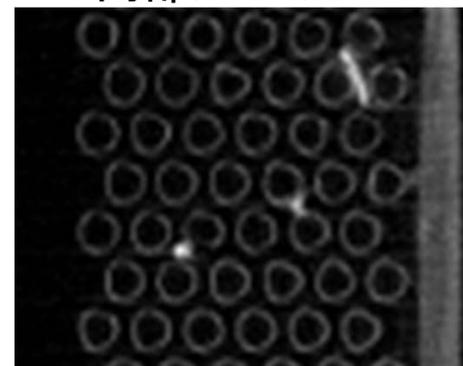
400kW
回転幅: 1°
200s照射

トラックのラジエーター

試料提供・測定協力: 放射線振興協会



内部にゴミ?

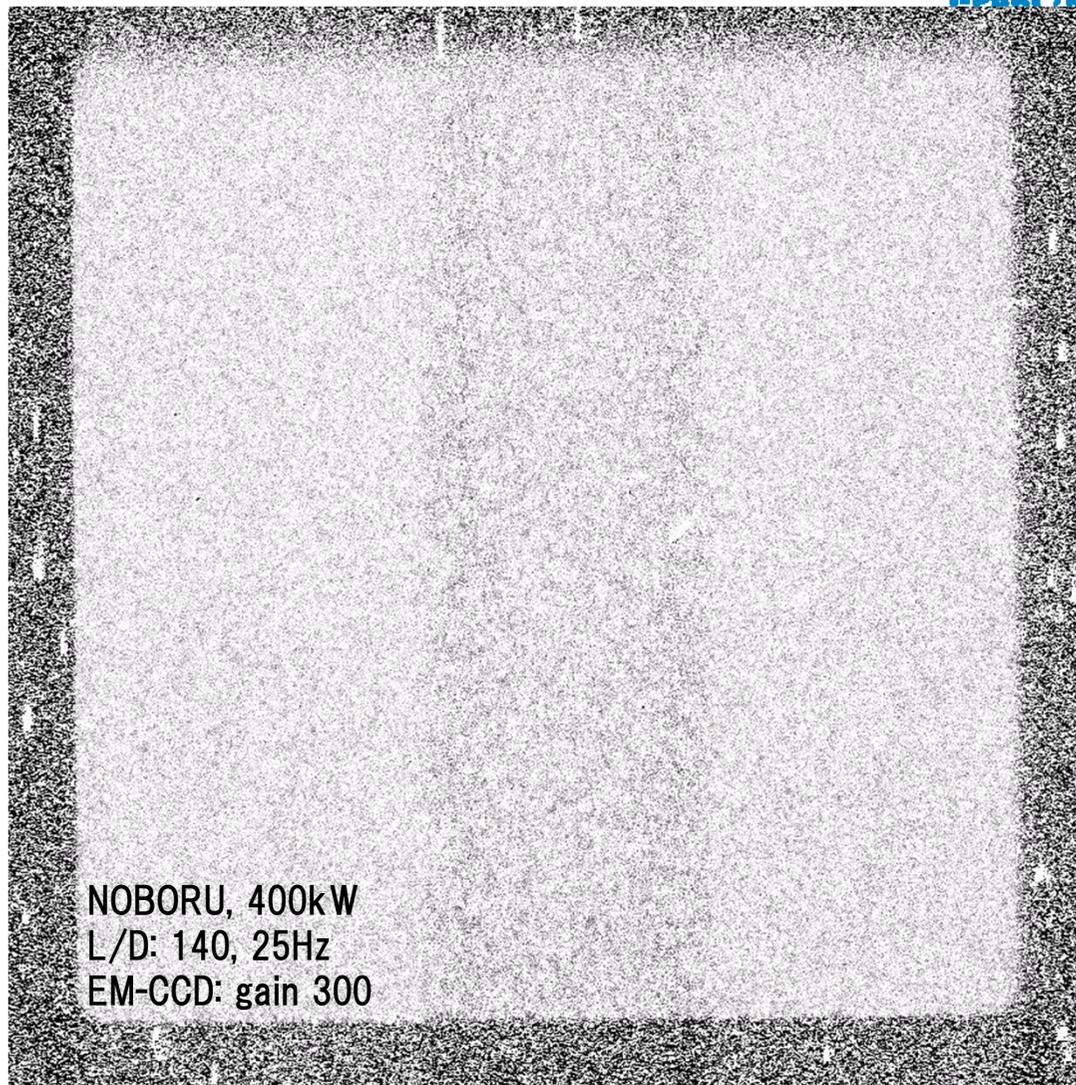
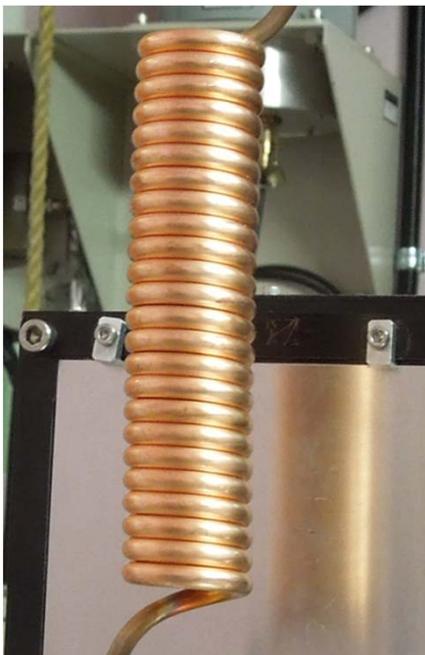


300kW
L/D: 720,
回転幅: 1°
120sx5回照射

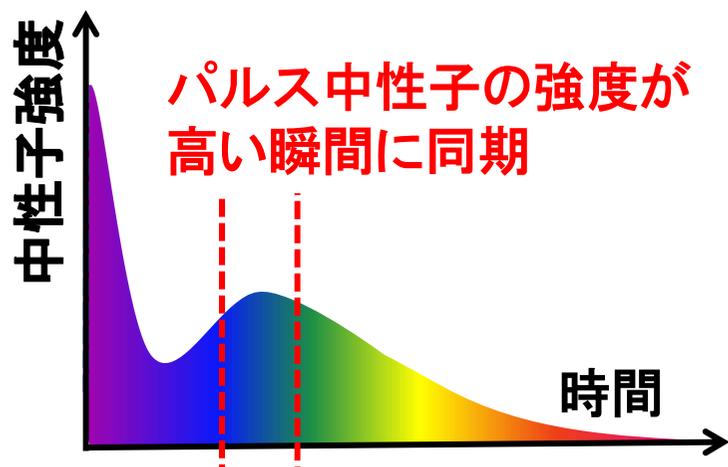
ストロボ撮影



パルス同期ストロボ撮影によるコイル中冷媒の動画撮影

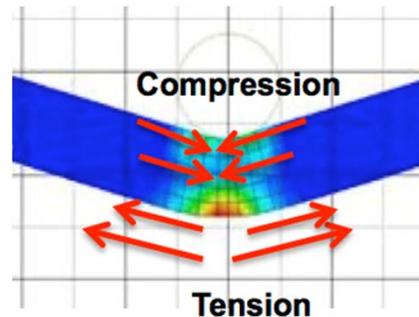


NOBORU, 400kW
L/D: 140, 25Hz
EM-CCD: gain 300

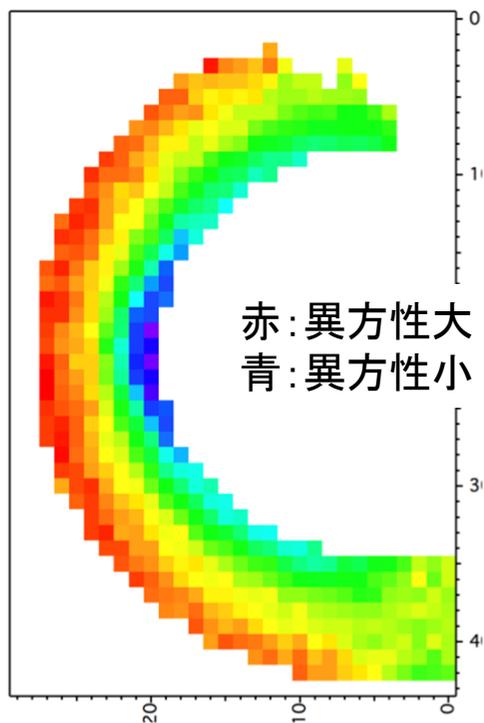


ブラッグエッジイメージング

U字曲げ鉄鋼塑性加工材の結晶組織情報の解析

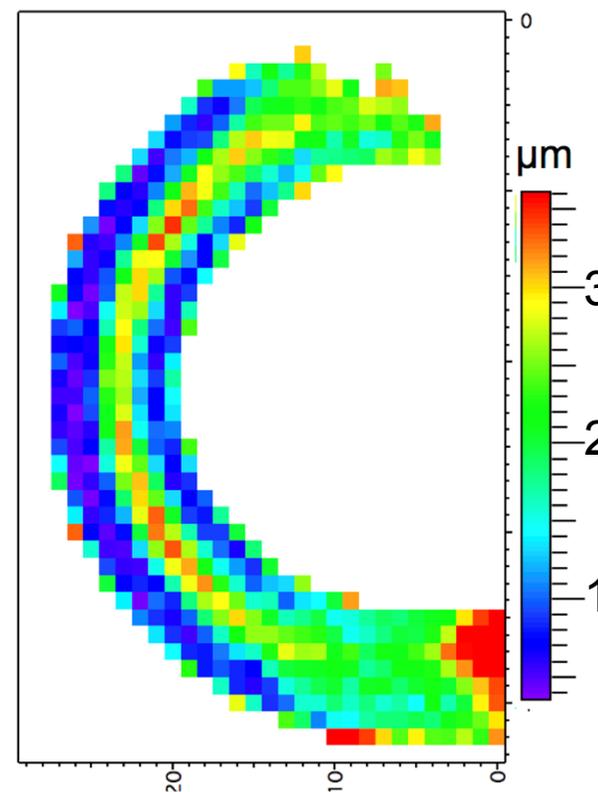


結晶方位異方性 R <750>

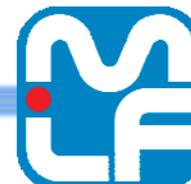


測定試料: Fe-0.5Si合金
(フェライト鋼、BCC単相材)
(厚さ: 6mm)

結晶子サイズ分布

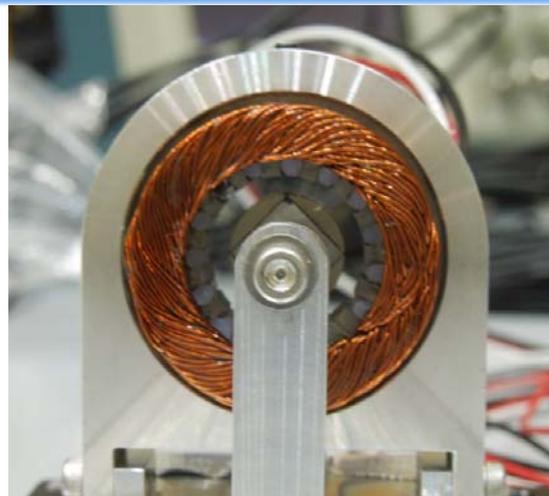


偏極中性子イメージング



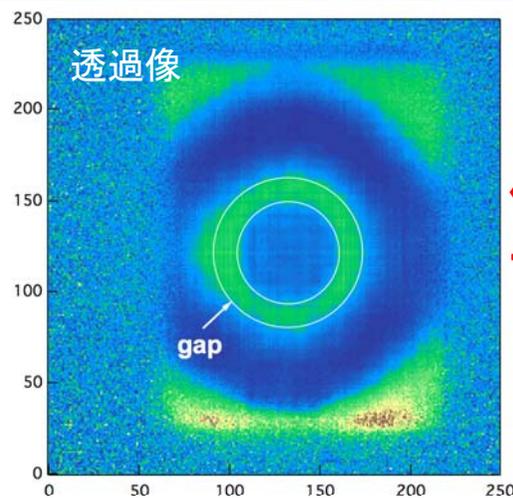
モデルモーターの磁場観察 C/MLF

偏極パルス中性子を用いた
モーター中の磁場分布の可視化



Y軸方向(0°)

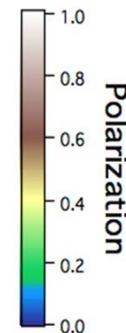
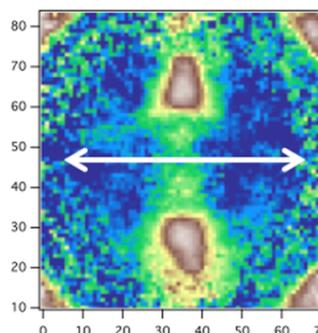
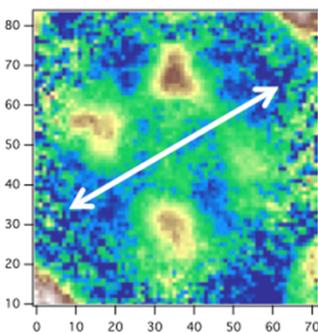
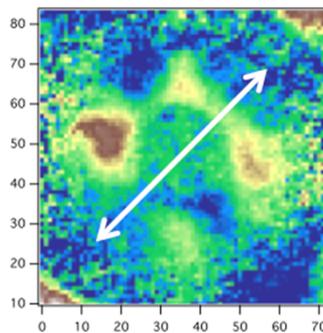
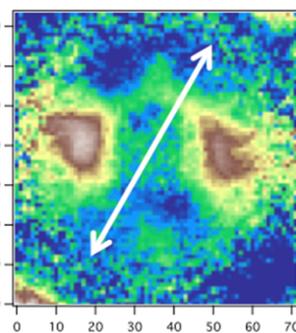
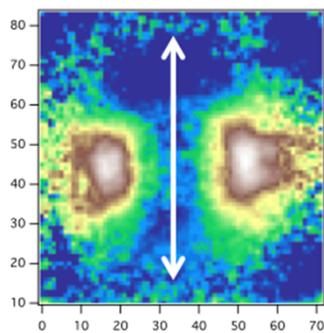
30°



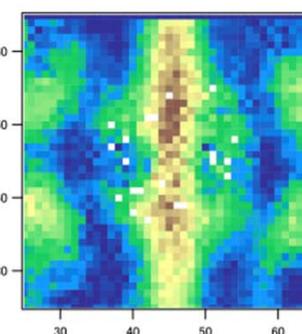
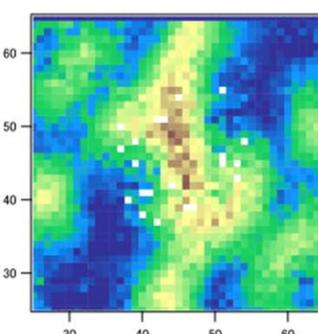
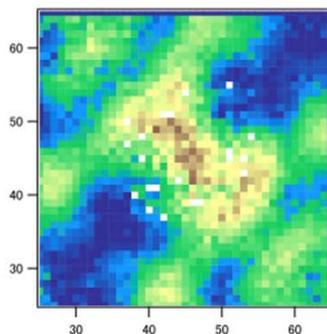
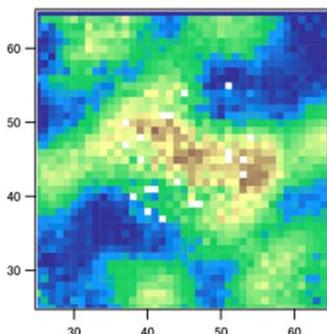
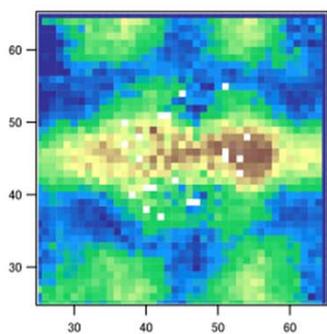
45°

60°

X軸方向(90°)



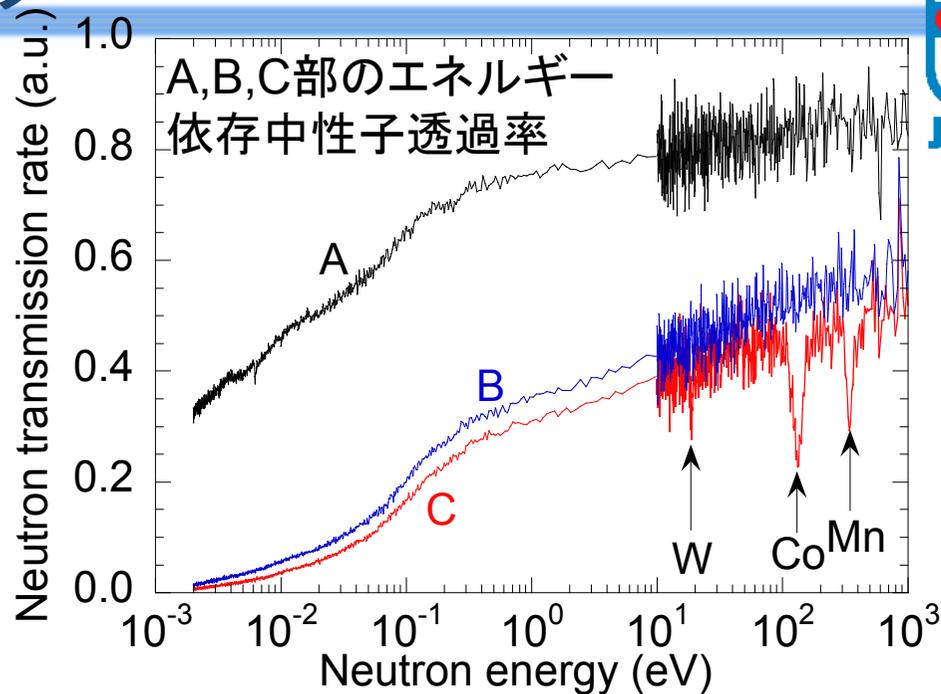
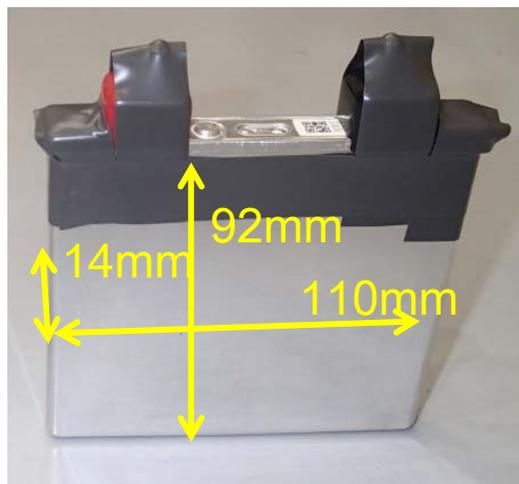
simulation ビーム発散あり (N=100)



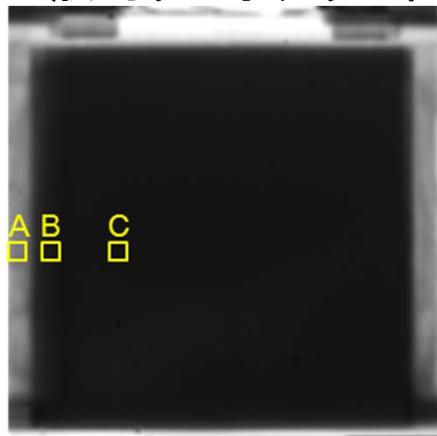
共鳴中性子イメージング

自動車用リチウムイオン電池

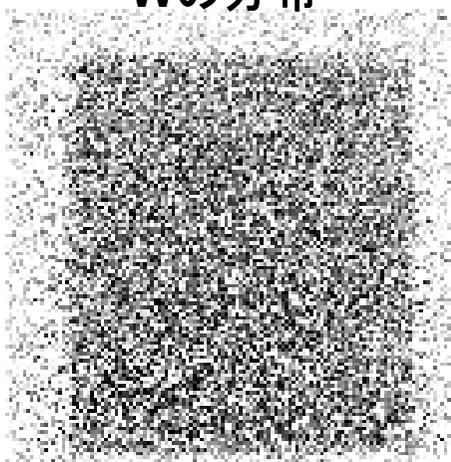
中性子吸収の大きいHやLiの影響で内部の可視化困難



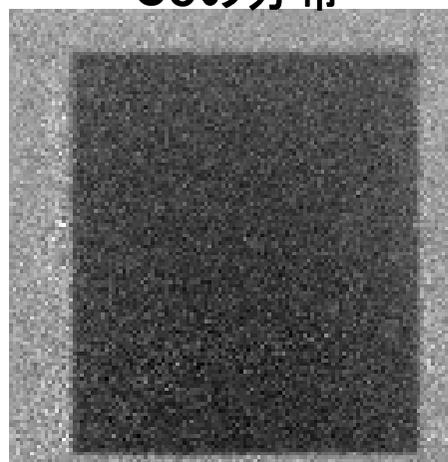
一般的ラジオグラフィ



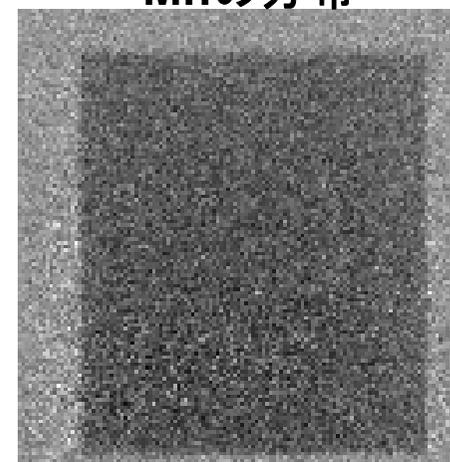
Wの分布



Coの分布



Mnの分布

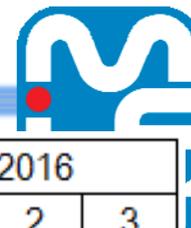


共鳴中性子イメージングは、特定の元素で作られた部分を強調した可視化が可能 19



まとめ

RADENの1年



Year	2014		2015												2016			
Month	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	
	★First Beam								Summer maintenance									
			✖Fire accident				✖Target trouble						✖Target trouble					
Comissioning	■	■			■	■											?	
2015A						■							■	■			■	



H26中性子イメージング研究会



H27中性子イメージング研究会

- **First beam以降のビームタイム**

- 10ヶ月のビーム運転予定→5ヶ月
- 2016年以降もコミッションングを継続

- **課題の状況**

- 2015A期: 課題応募10件、採択7件、実施済み2件。
- 2016A期: 課題応募17件

まとめ



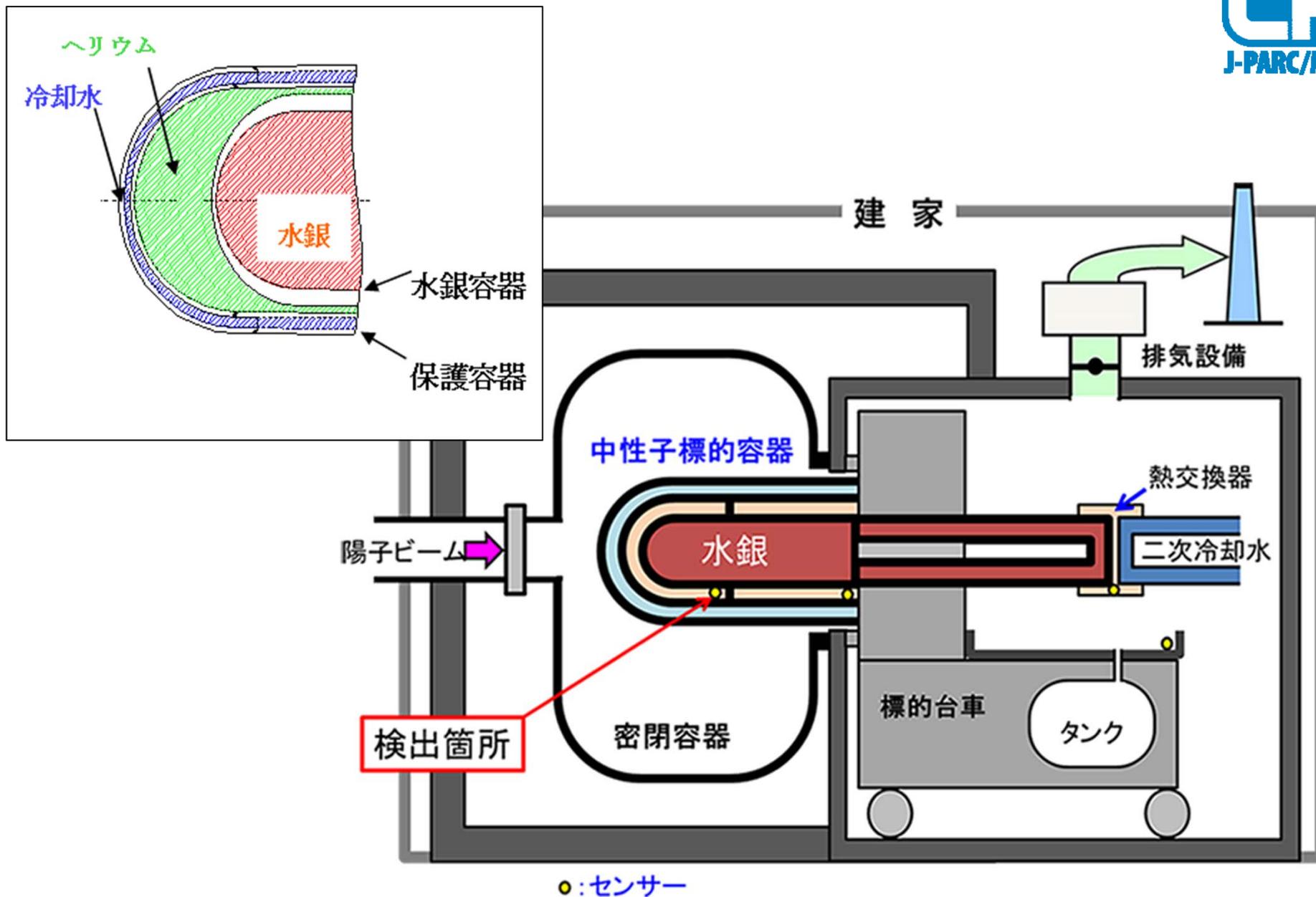
- エネルギー分析型中性子イメージング装置の一般利用開始
- 中性子ラジオグラフィ/トモグラフィ撮影のデモ実験実施
- 中性子エネルギー分析型イメージング手法の開発
 - ブラッグエッジイメージング
 - 偏極イメージング
 - 共鳴吸収イメージング

課題応募、利用相談をお待ちしています
<http://j-parc.jp/>



おまけ

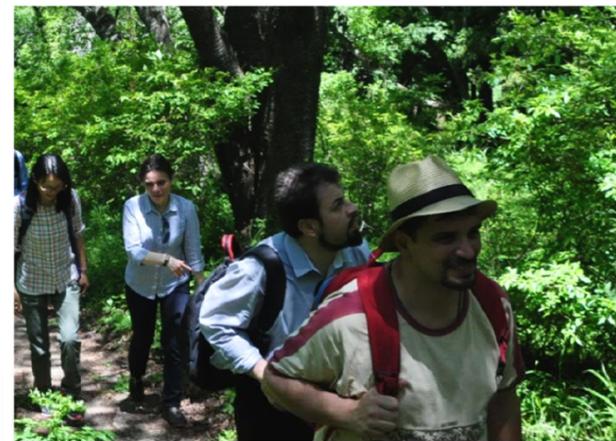
MLFのターゲットトラブル



NEUWAVE-7 (7th NEUtron WAVElength-dependent imaging workshop)



- 主催: J-PARC、共催: CROSS (RADENメンバー)
- 開催日: 2015.5.31 ~ 6.3
- 参加者数: 55人 (10か国)
- 発表件数: 30件
- 最終日にMLFツアー



中性子エネルギー分解型イメージング装置



R A D E N

螺鈿

漆器や木地をアワビや夜光貝等の虹色の光沢部位を使って装飾する伝統工芸技法



<http://narashikanko.or.jp/en/waza/index.html#w9>



<https://secure.daishichi.com/category/select/cid/2/pid/91>



<http://en.wikipedia.org/wiki/Abalone>



http://en.wikipedia.org/wiki/Turbo_marmoratus



<http://sawaikoubou.com/guidance/index.html>



<http://www.chusonji.or.jp/en/precincts/konjikido.html#26>