

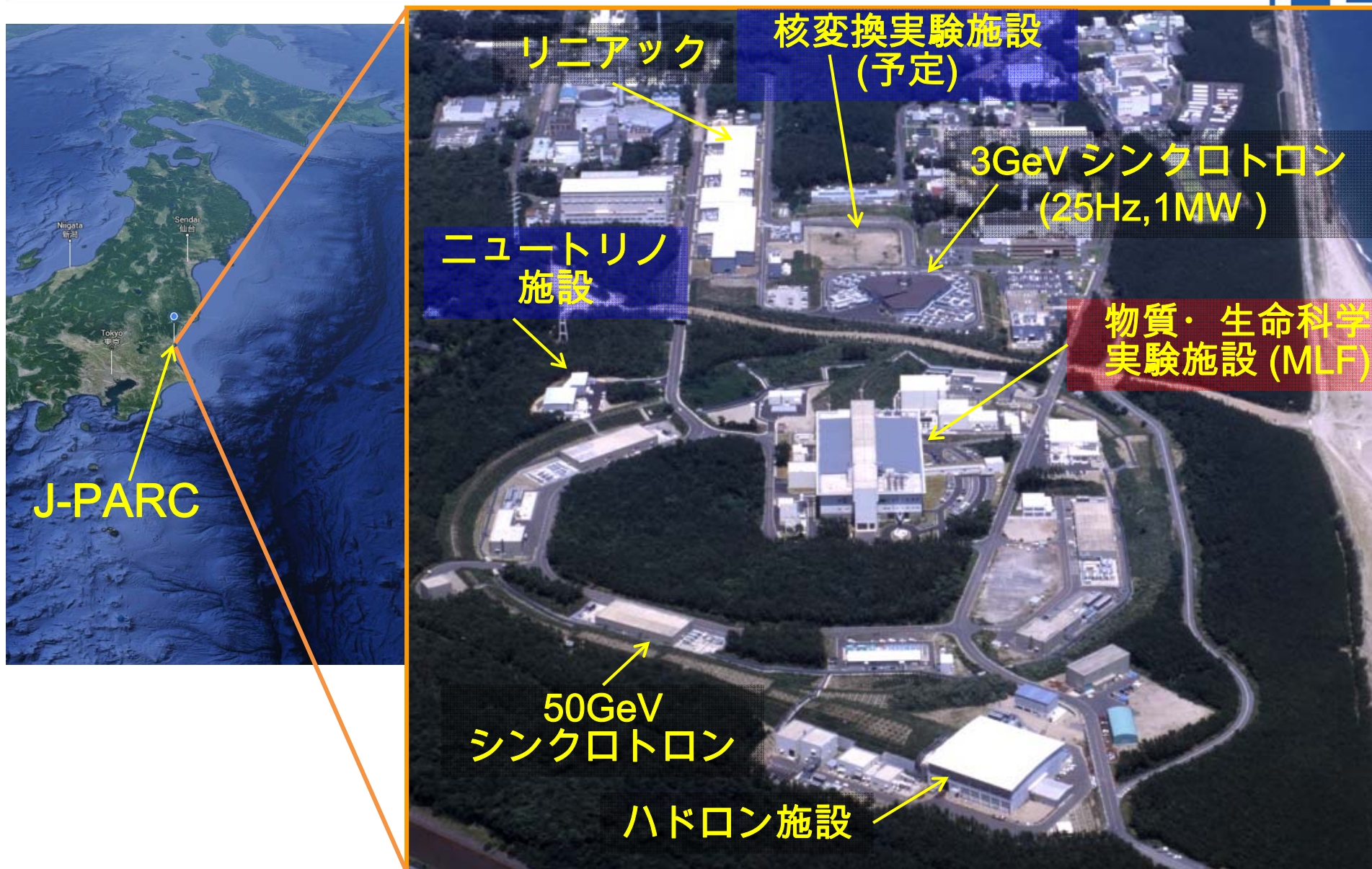
エネルギー分析型イメージング装置 RADENの現状

甲斐 哲也¹, 篠原 武尚¹, 廣井 孝介¹, 蘇 玉華¹, 瀬川 麻里子¹,
及川 健一¹, 林田 洋寿², J. D. Parker², 松本 吉弘²

1: 日本原子力研究開発機構,

2: 総合科学研究機構 (CROSS)

J-PARC (大強度陽子加速器施設、茨城県東海村)



エネルギー分析型中性子イメージング装置「螺鈿」



J-PARC物質・生命科学実験施設BL22に世界で初めて設置されたパルス中性子イメージング専用装置

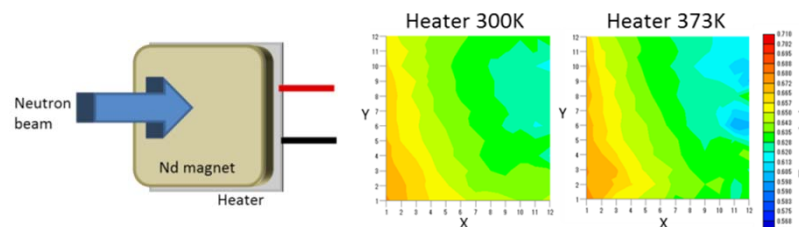
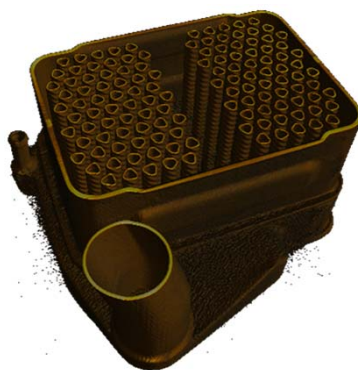
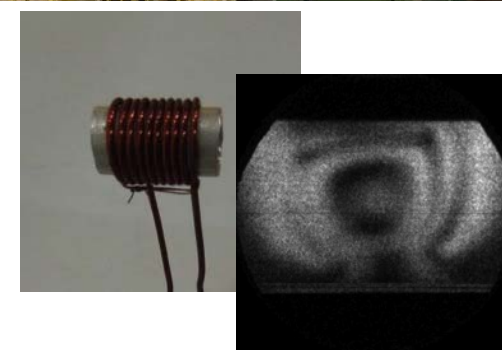
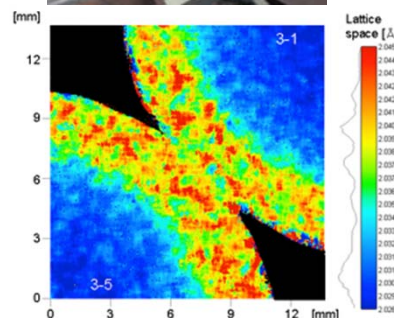
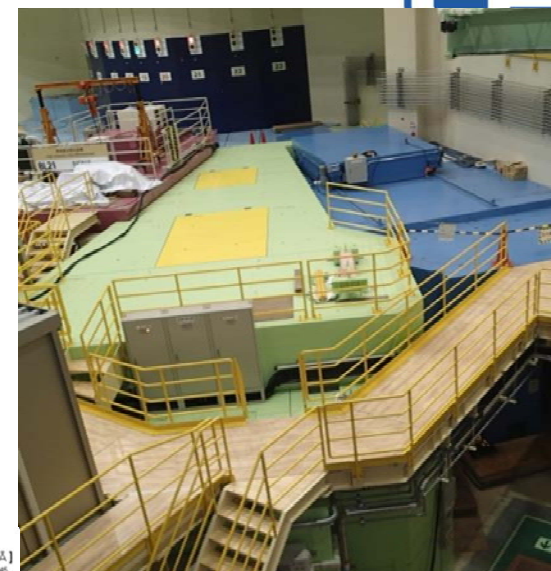
2015年度よりユーザー利用開始

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

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□30cm)
- 広い実験室空間

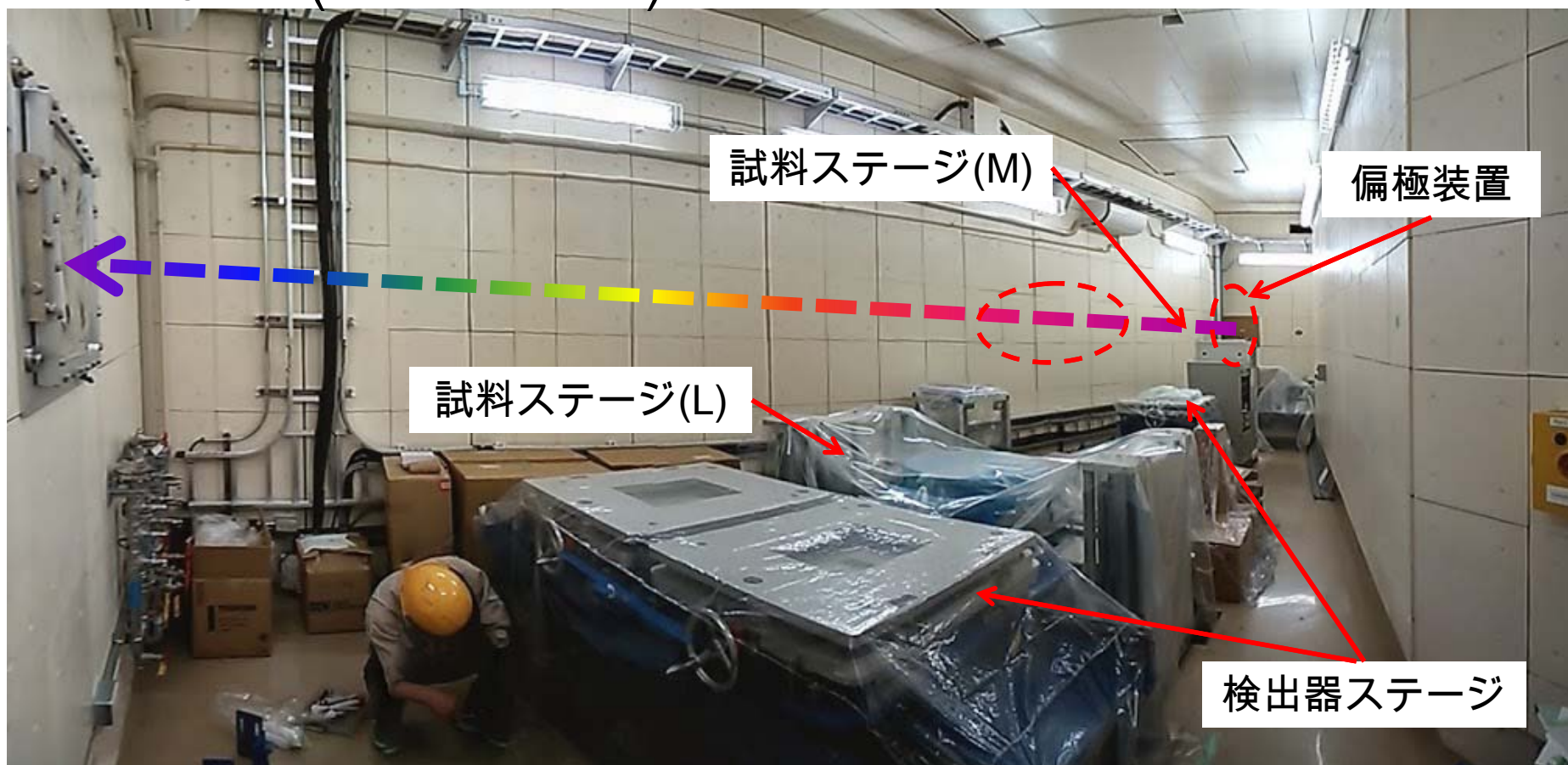


Nd-Fe-B magnet with temperature distribution (Nd-146 4.36eV)

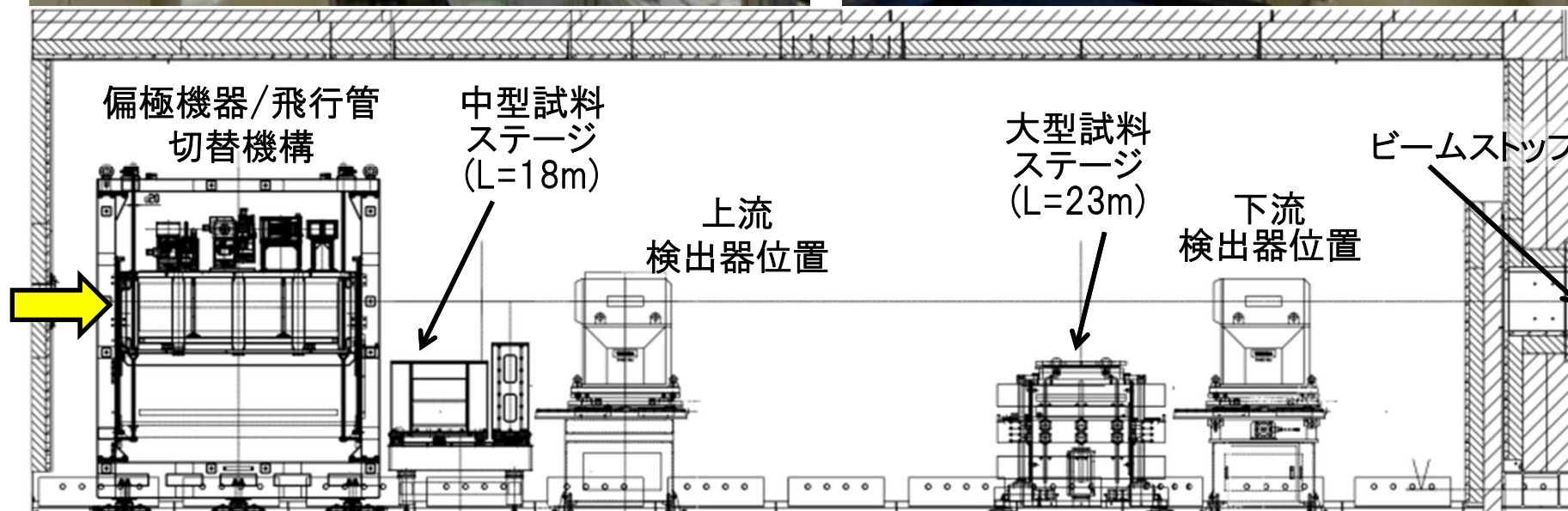
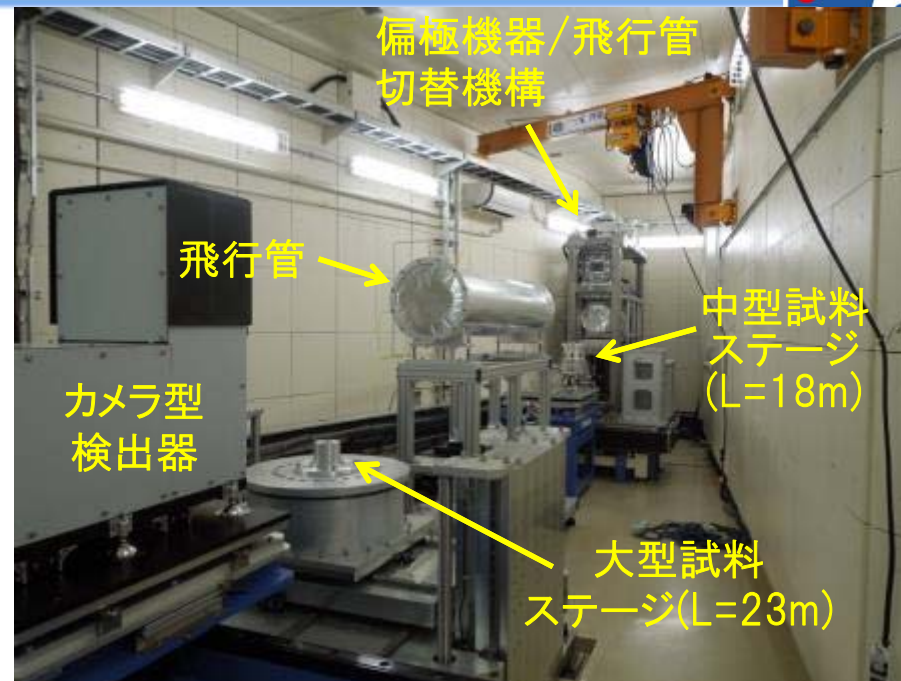
実験室空間

- L = 14.4~26.5m (12.1m)
- W = 1.3m@L=14.4m
5.1m@L=25m
- H = 3.7m (BL: H=1.77m)

- ハッチ、クレーンによる大型機器の搬入が可能
- 1トン(下流)~600kg(上流)の試料を回転、移動可能



実験室空間



試料ステージ

名称	位置	可動軸			最大荷重	天板直径
		θ	X, Y, Z	Rx, Ry		
Large	L=23m	$\pm 173^\circ$	± 300 mm	-	1.0 ton	700 mm
Medium	L=18m	$\pm 173^\circ$	± 100 mm	$\pm 5^\circ$	600 kg	300 mm
Small	Portable	$\pm 360^\circ$	-	$\pm 5^\circ$	10 kg	150 mm



Large

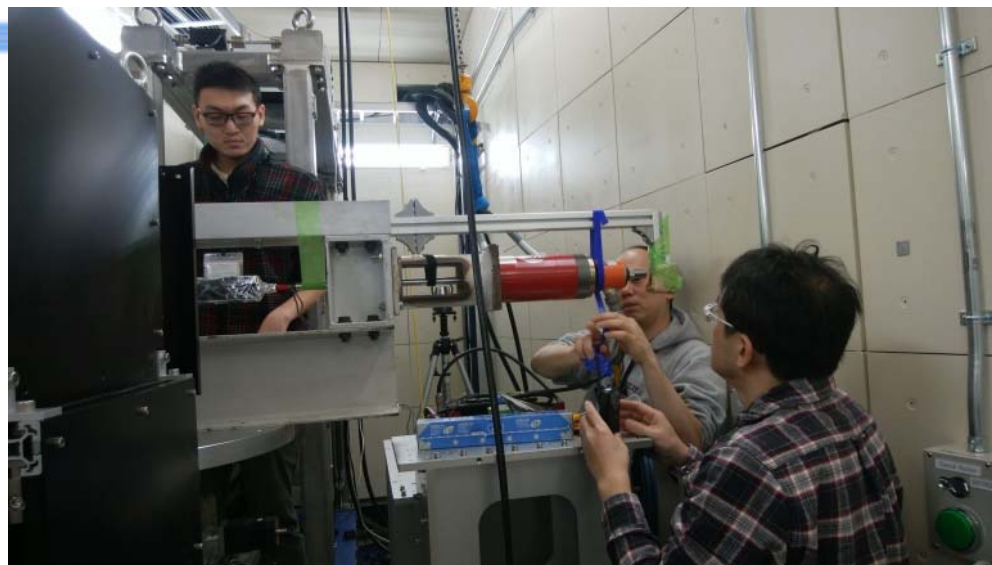


Medium



Small

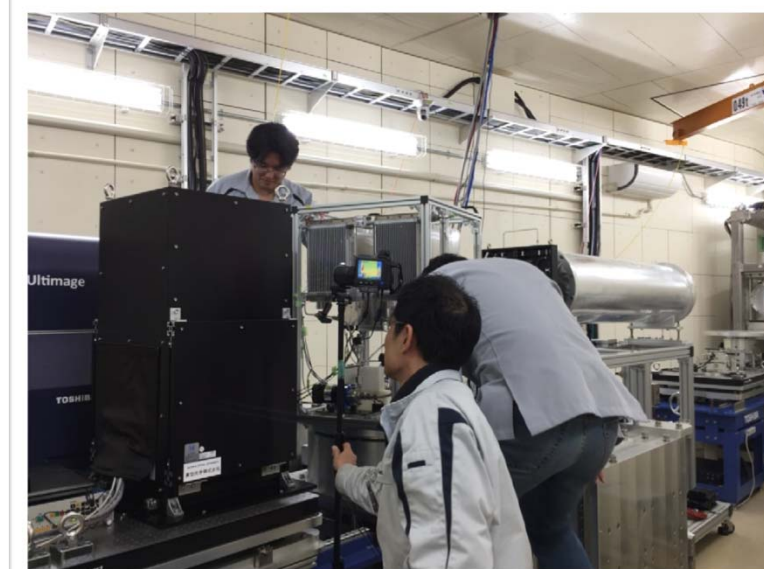
広い空間を活かした実験



鉄筋コンクリート試験装置(東京理科大・兼松さん)

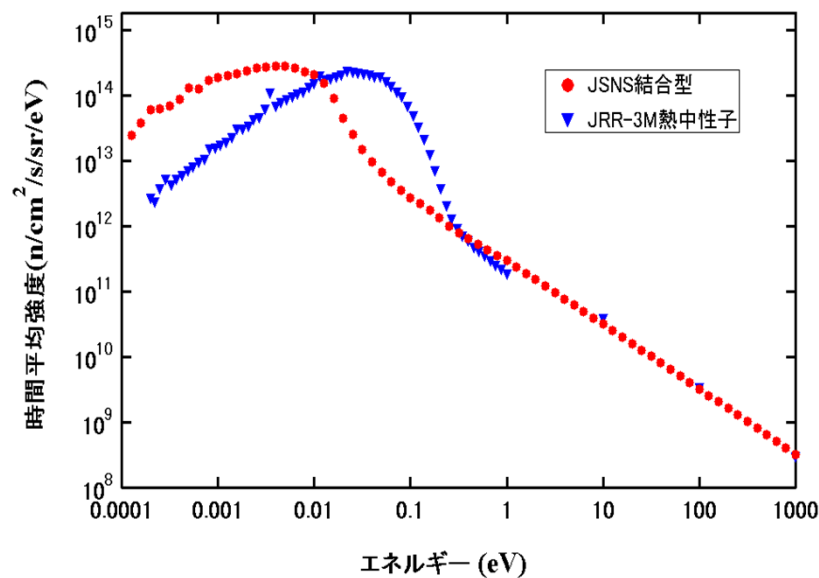


2軸引張試験機
(CROSS)

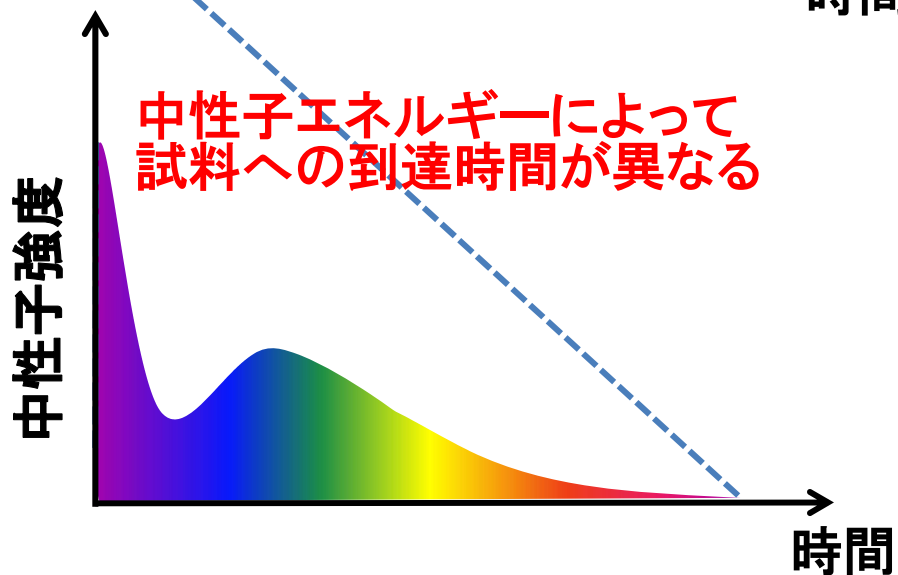
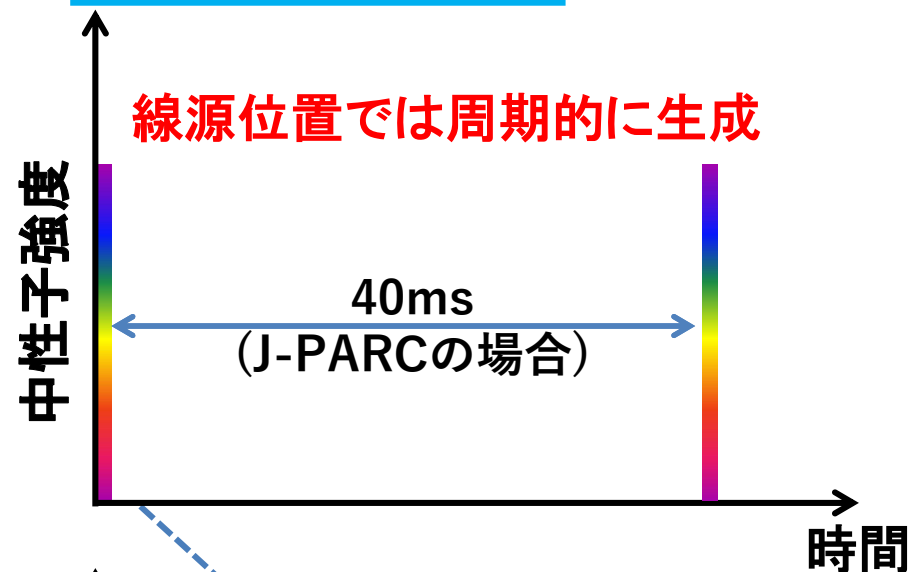


定常中性子源とパルス中性子源

定常中性子源

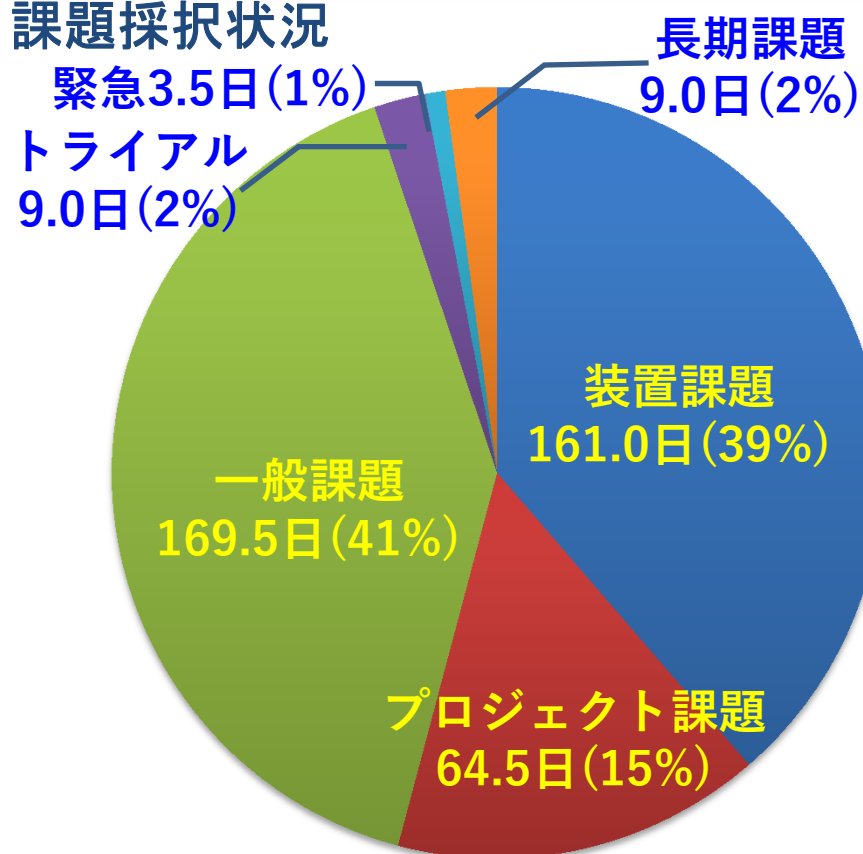


パルス中性子源

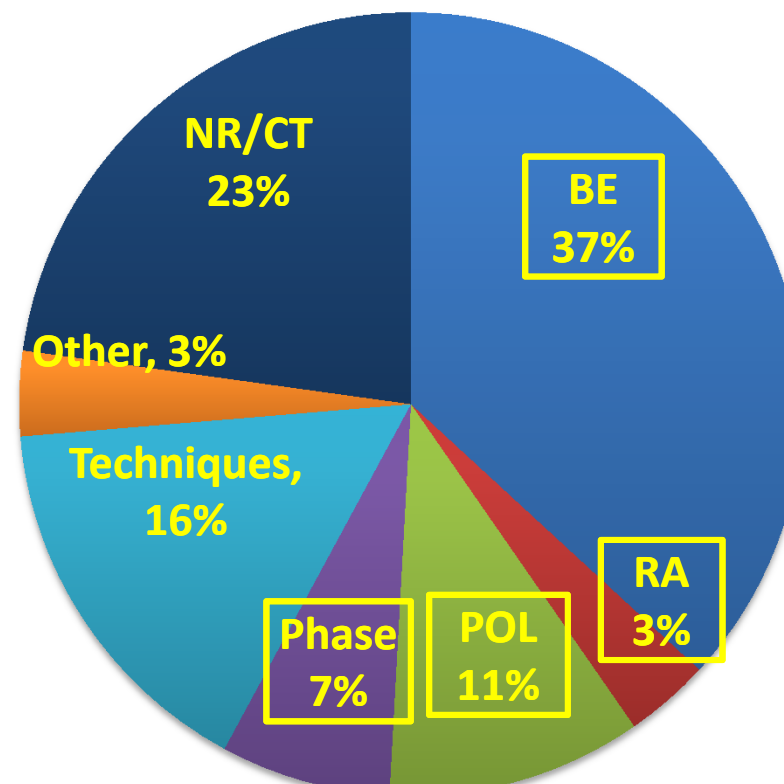


RADENの課題状況 2015A to 2017B

課題採択状況



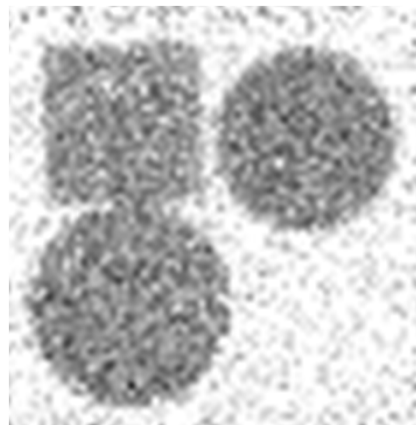
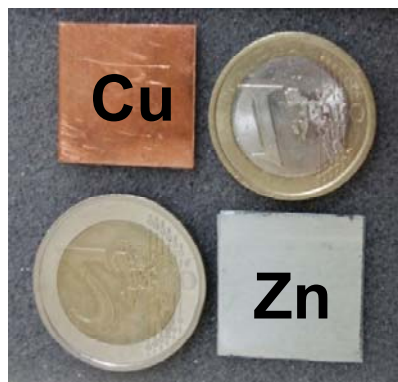
手法別利用状況



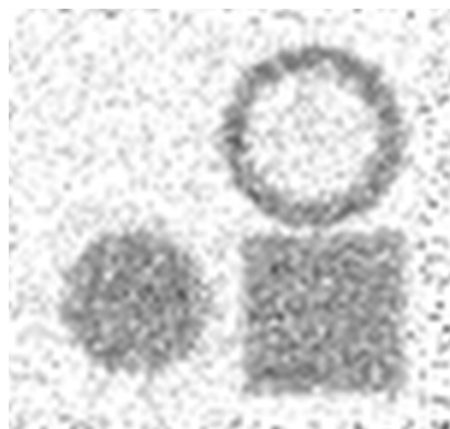
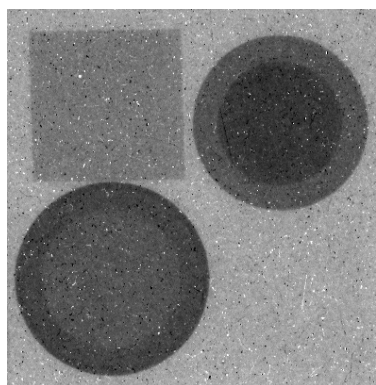
- 受付数: 90件, 採択数: 72件 (採択率80%)
- 産業利用課題: 4~5件/年
- 内部利用(装置課題+プロジェクト課題)は減少傾向

NR / CT : エネルギー積分型ラジオグラフィトモグラフィ
 BE : ブラッグエッジイメージング
 RA : 共鳴吸収イメージング
 POL : 偏極中性子イメージング
 Phase : 位相イメージング
 Techniques : 機器開発、新技術開発
 Other : 基礎物理、等

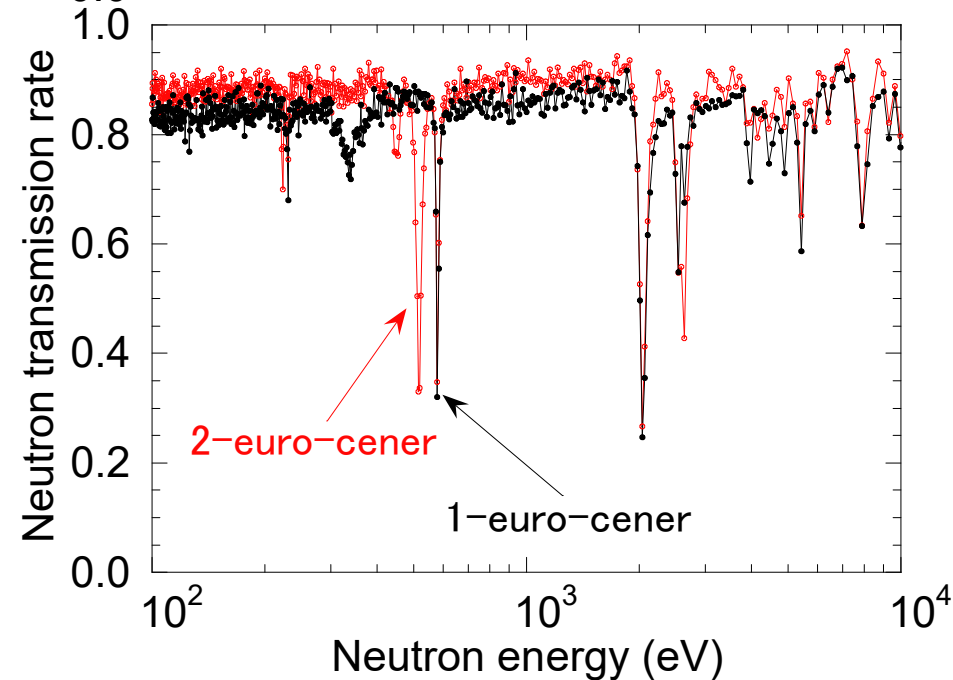
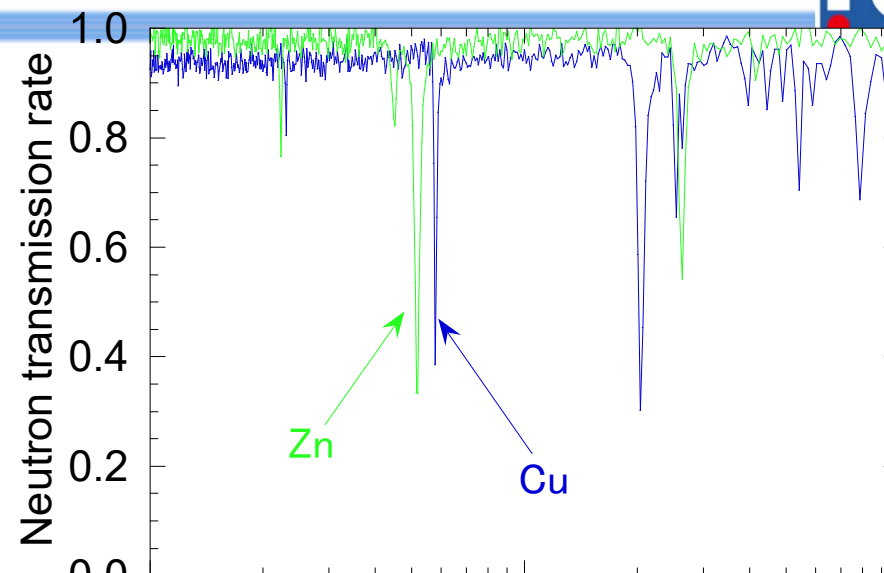
共鳴吸収イメージングの概要



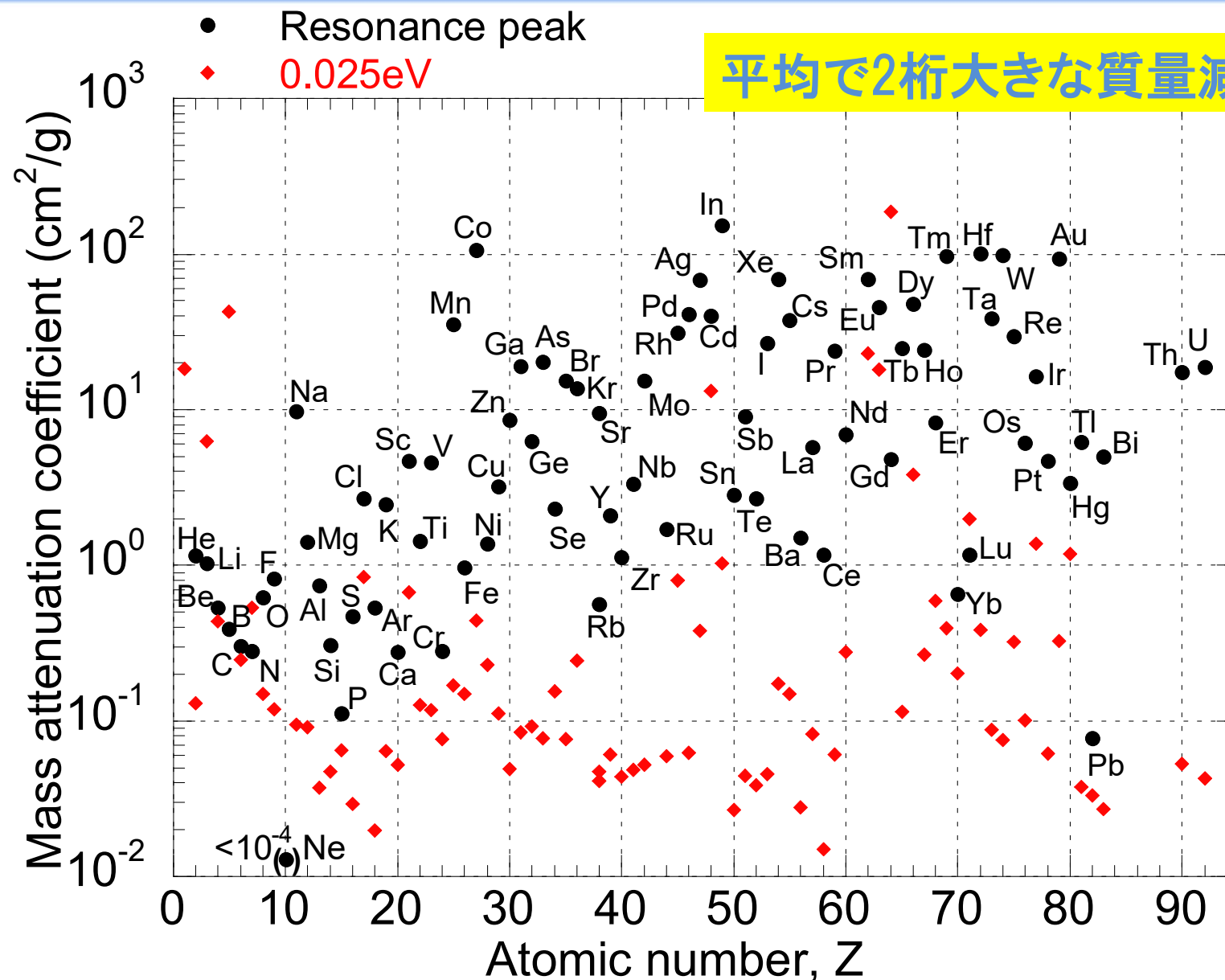
Cu (2.04keV)



Zn (517eV)



減弱係数の比較(共鳴 vs 熱中性子)



※各元素でピーク断面積と幅の最も大きな共鳴を選択

共鳴中性子イメージングに必要な元素の量

Element	E_{reso} (eV)	σ_{reso} (kb)	$T_{90\%}$ (mg/cm ²)	Element	E_{reso} (eV)	σ_{reso} (kb)	$T_{90\%}$ (mg/cm ²)
Na	2.9k	0.37	10.7	Cs	5.9	8.3	2.8
Mn	341	3.2	3.0	Sm	0.09	17.1	1.5
Co	132	10.4	1.0	Eu	0.46	11.5	2.3
Cu	2.0k	0.34	32.9	Dy	5.4	13.0	2.2
Zn	517	0.93	12.4	Tm	3.9	27.1	1.1
As	47	2.5	5.2	Hf	7.8	29.8	1.0
Mo	45	2.5	6.8	Re	2.2	9.2	3.5
Rh	13	5.3	3.4	Ir	0.65	5.2	6.5
Ag	5.2	12.2	1.6	Ta	4.3	11.5	2.7
Cd	0.2	7.5	2.6	W	1.9	30.1	1.1
In	1.5	29.1	0.7	Au	4.9	30.7	1.1

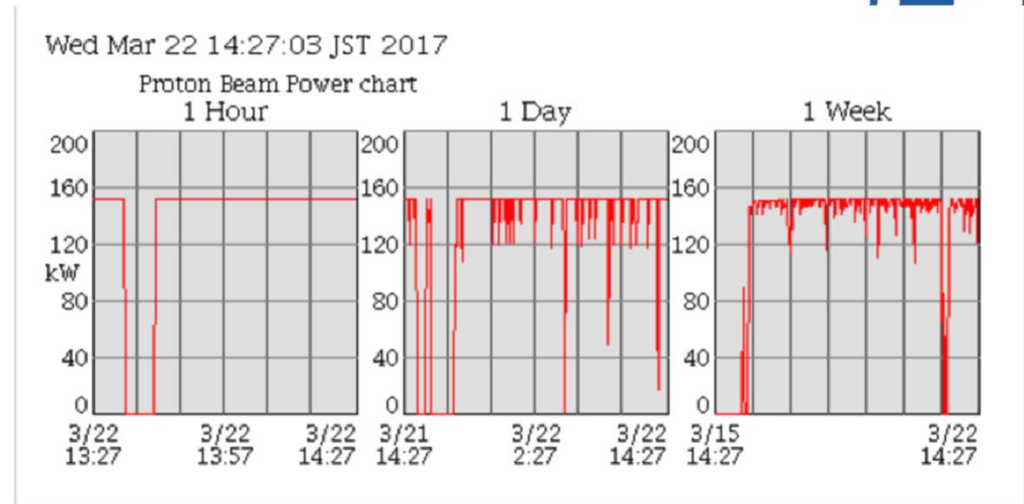
※T90%: 透過率が90%となる厚さをイメージングに必要な最小量と定義

装置整備の進捗

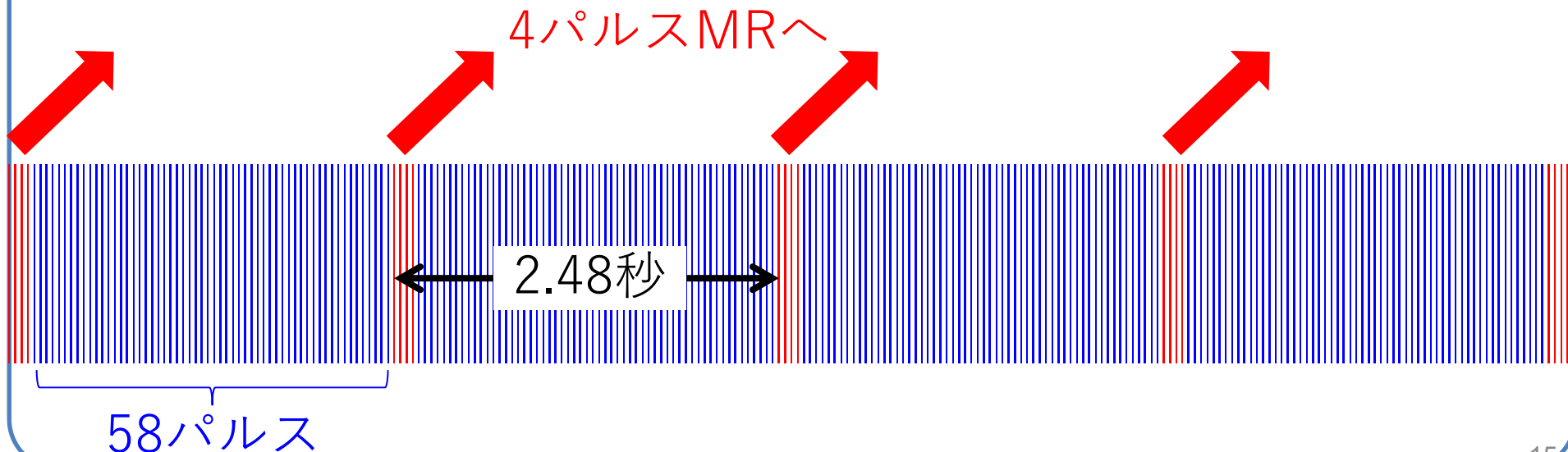
RADENでのCTの課題

時間平均強度の変動

- 加速器トリップ
- 一定割合で50GeV RCSに振り分けられるビーム

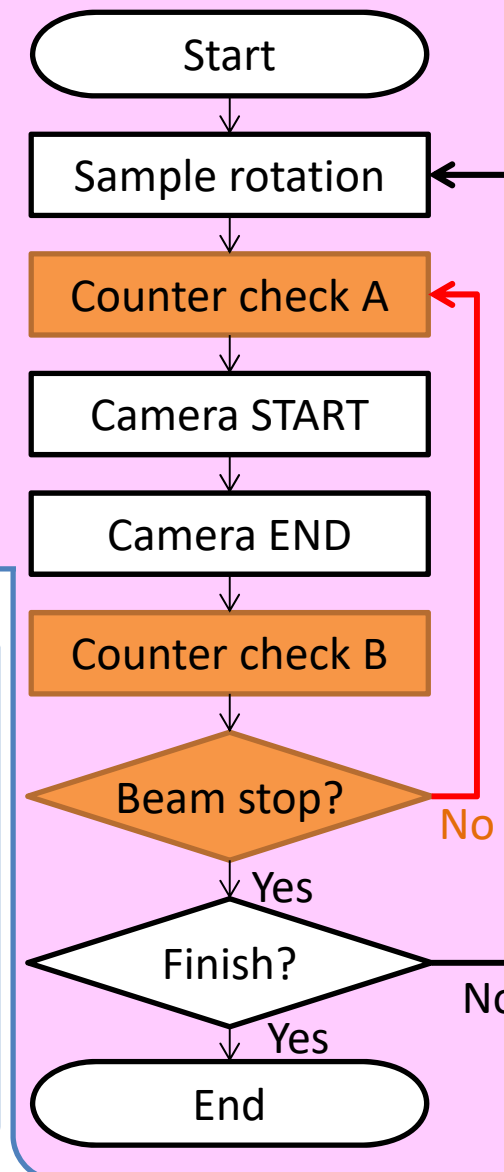
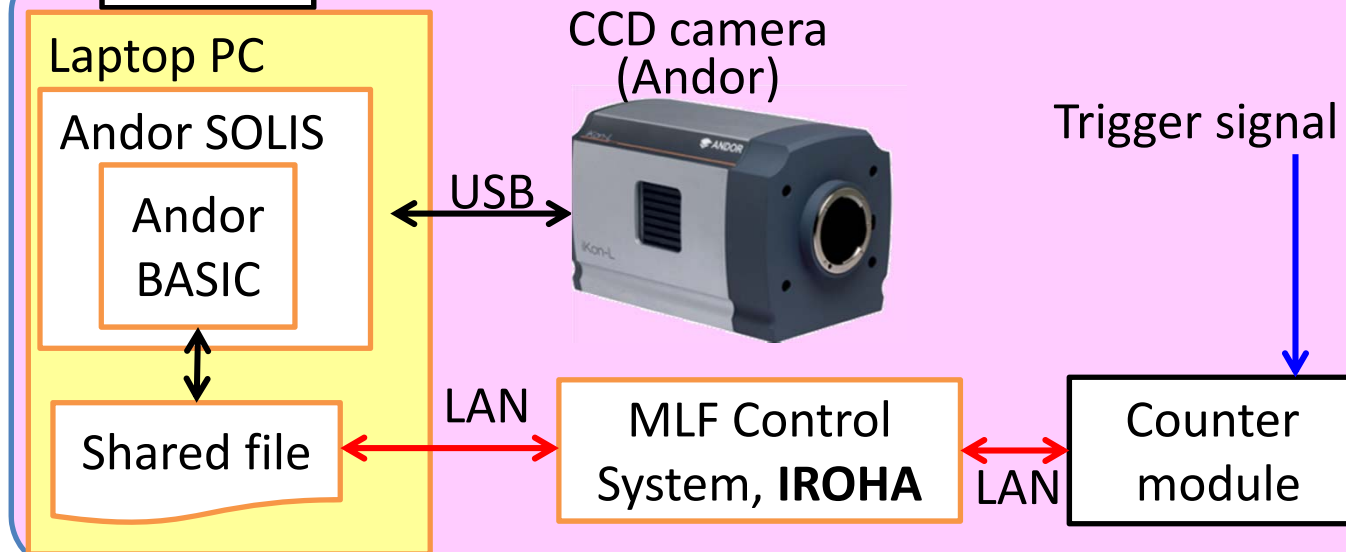


MLFのパルスビームの一例 (MRの状況によって変更される)

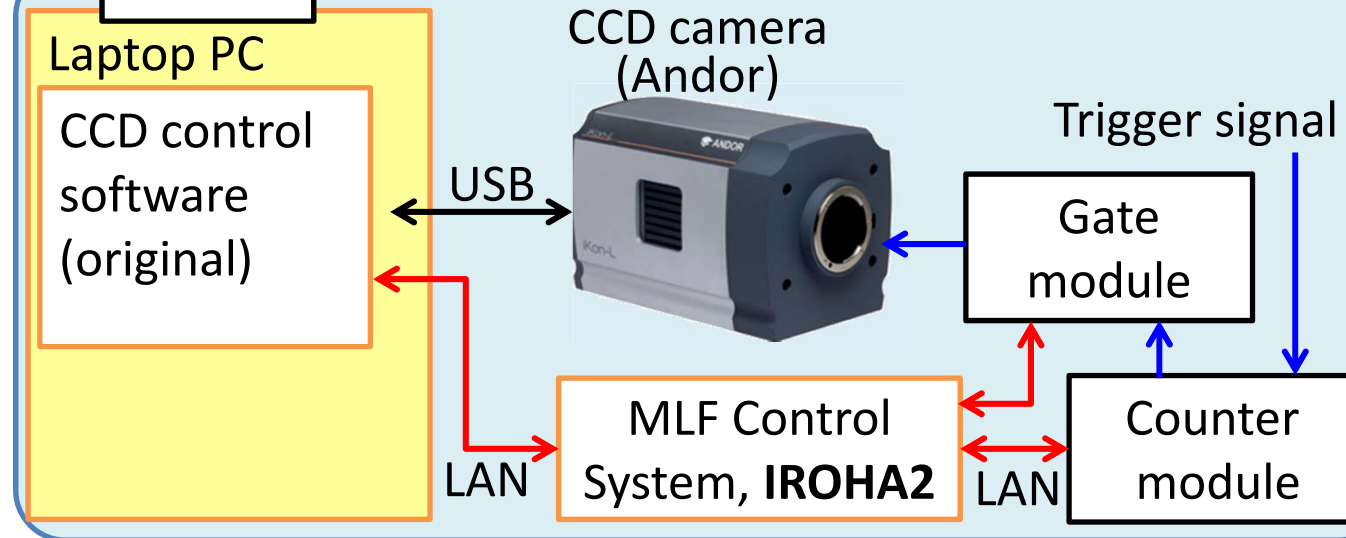


CTシステムの変遷

2014~



2017~

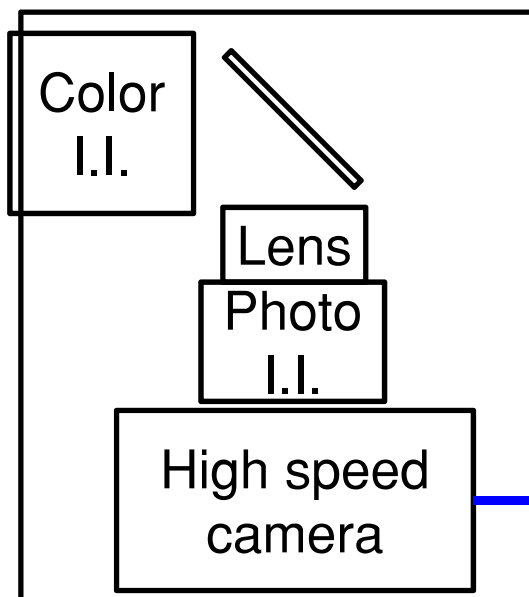


カラーI.I.型検出器+高速度カメラ



Pixel size (mm/px) of each mode

Fps	Field of View		
	9"	7"	5.5"
100k (320x240px)	0.57 183x137mm	0.42 135x101mm	0.35 111x84mm
30k (512 sq px)	0.29 149 sq mm	0.22 111 sq mm	0.18 90 sq mm
10k (960 sq px)	0.15 144 sq mm	0.11 104 sq mm	0.09 88 sq mm



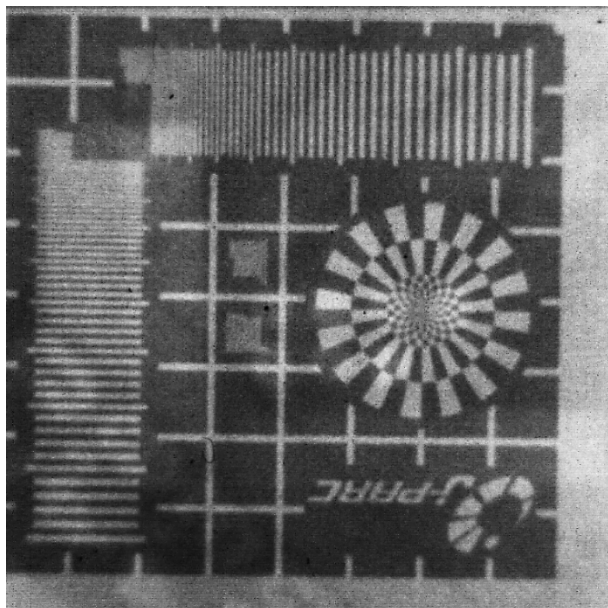
Pulse image accumulation system

- Accumulation: 16~4096 pulses
- Repetition: 25/50 Hz

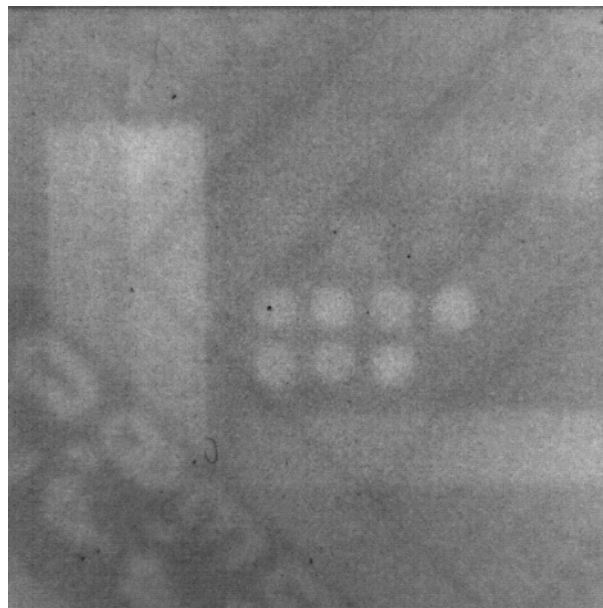
カラーII+光速度カメラの空間分解能



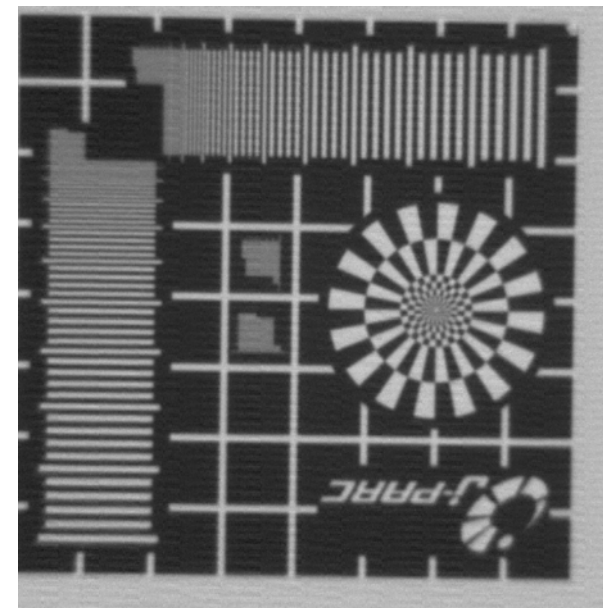
10kfps測定、5.5inch FoV, 960x960px, 光I.I. gain 790、10~30msの積分



試料有(照射時間: 2.7h)



試料なし(照射時間: 1.4h)
X線調整時の痕跡が見える

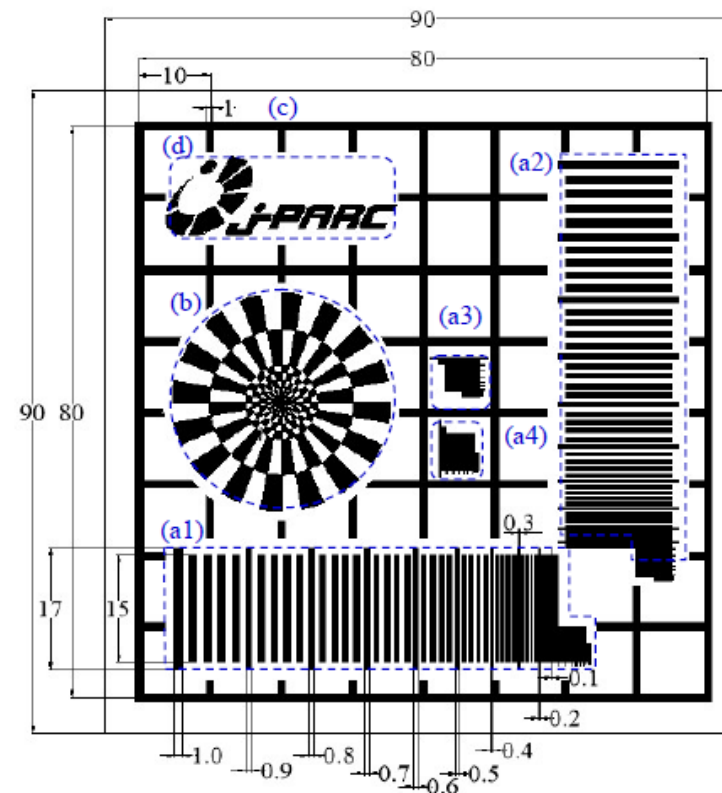
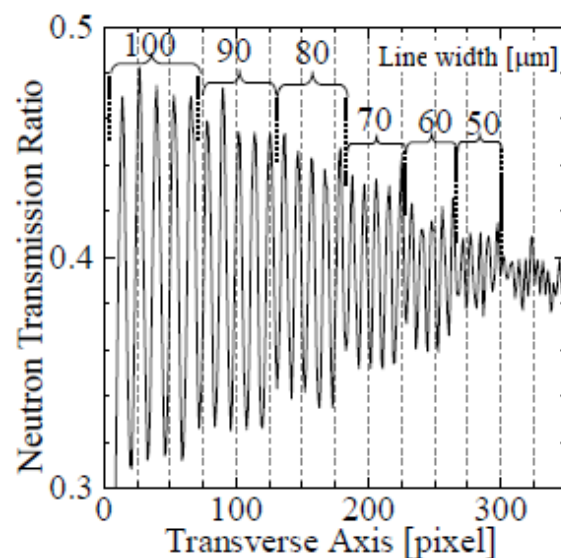
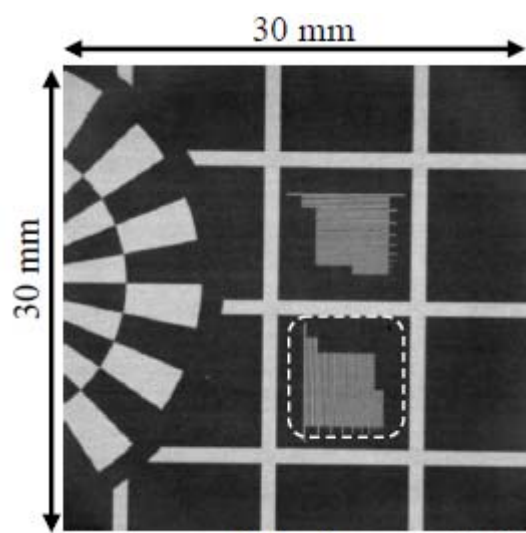


規格化後

データ処理: 持木Gr

分解能確認用インジケータ

- H26年度にJ-PARCで製作(Gd 3 μ m)
(アスク・サンシンエンジニアリング)
- H30年度、予備品として同仕様での製作を計画中
- 他施設からの発注数をまとめて価格交渉



参考文献

M. Segawa, et al., "Spatial resolution test targets made of gadolinium and gold for conventional and resonance neutron imaging", submitted to JPS Conference Proceedings (Proc. of International Conference on Neutron Optics (NOP2017) 5-8 July, Nara, Japan, 2017).

- 2015年度の一般課題受付開始以降、順調に一般課題を実施
- 装置整備を並行して実施
 - CTシステム (陽子ビームパルスで制御)
 - カラーI.I. + 高速度カメラシステムの評価
 - 空間分解能評価インジケータ
 - H30年度の再製作を計画中
- **利用相談をお待ちしています**
 - 次回(2018B)課題公募: 5月中旬～6月中旬
(2017Bは2017/5/17(水)-6/7(水))