



京都大学
KYOTO UNIVERSITY

KURNS

新試験研究炉における 中性子イメージング装置の 検討状況

伊藤、大平、齊藤、栗田、篠原、鬼柳

新試験研究炉計画

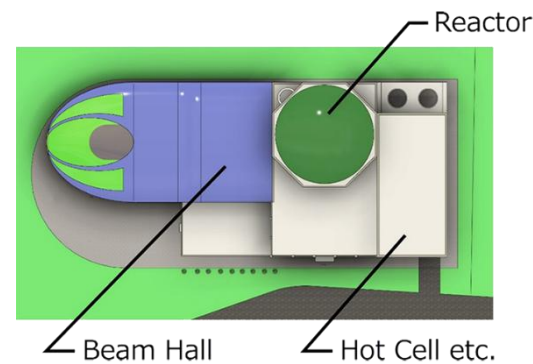
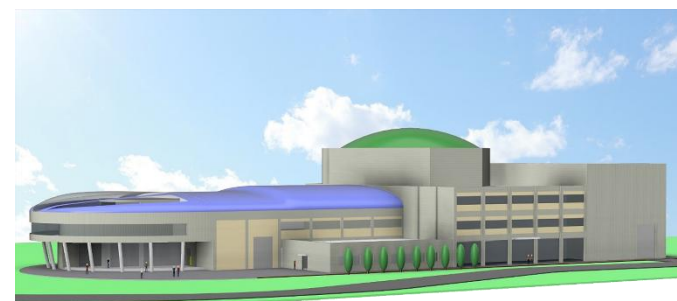
- 2026年5月に京都大学研究用原子炉(KUR)が停止。
- 2016年に高速増殖原型炉「もんじゅ」(福井県敦賀市)の廃炉が決定。
- 新たな原子力分野の研究開発や人材育成の中核的拠点として、「もんじゅ」サイト内に新たな試験研究炉を設置することが決まった。

中性子ビーム利用を主目的とする
出力10MW未満の中出力炉



- ① 西日本における原子力分野の研究開発・人材育成の中核的拠点
- ② 地元振興への貢献

学術研究、産業振興、人材育成、地域貢献に資する
有用性の高い研究拠点の構築を目指す



実験装置およびスケジュール

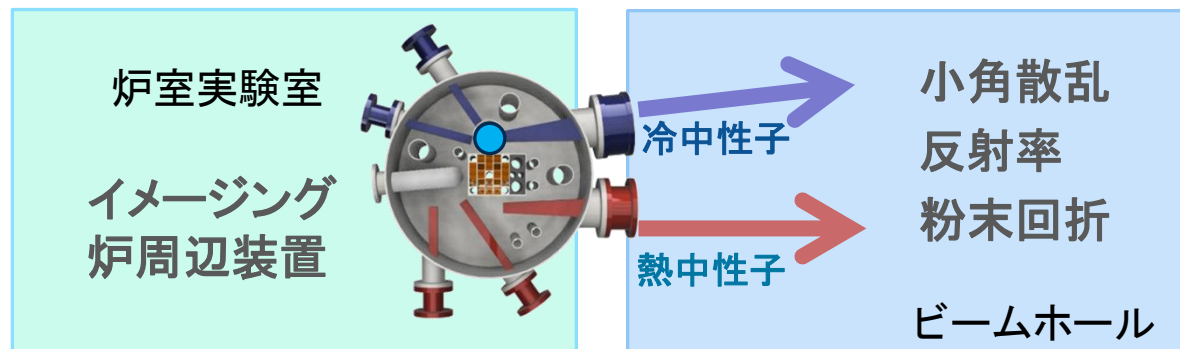
優先ビーム実験装置

中性子小角散乱

中性子イメージング

中性子粉末回折

中性子反射率測定



事業全体の進捗

計画

設計

建設

完成

稼働

Phase 0

Phase 1

Review

Phase 2

Phase 3

事前検討

鬼柳、篠原、
齊藤、伊藤

委員
選出

全体計画立案
基本仕様策定

開発技術や最新知見、
利用者の動向をフィードバック

既存施設を利用した構成装置開発・分野開拓

装置詳細設計
構成装置選定
装置設置

利用開始
運用

活動組織

装置**検討**委員会



兼任・一部専従

装置**整備**委員会



ほぼ専従

装置運用チーム



専従

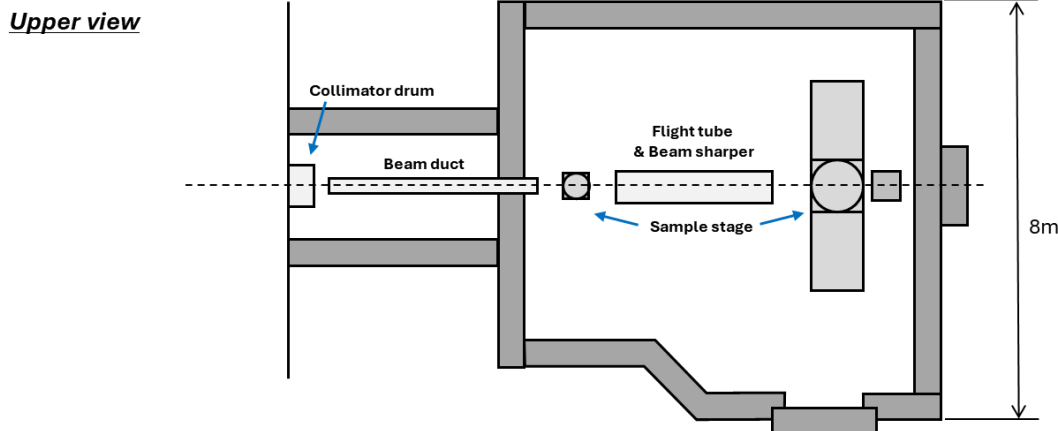
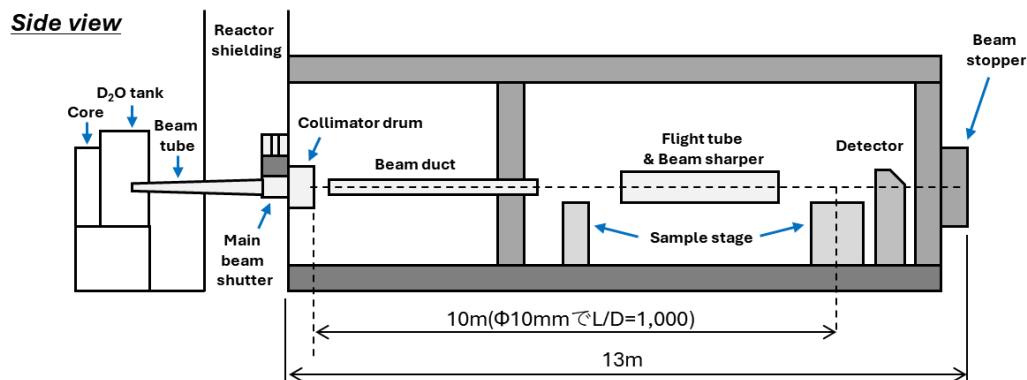
中性子イメージングからの要望



- 中性子エネルギーは、熱中性子と冷中性子が主である。
(高速中性子の要望もあるが、まだ技術開発中)
- 透過力の高い熱中性子が一般的だが、冷中性子の利用も重要。
- 冷中性子は位相コントラストや偏極などの新たな手法の利用や手法そのものの開発など、フレキシビリティがある。
- 熱中性子と冷中性子、それぞれに特長的な測定があるため、それぞれのビームラインを整備することが望ましい。
(広く産業利用を受け入れるためにも重要)
- 産業利用の頻度が特に高い中性子イメージングについては、日本の中で常時どこかで実験できる体制が望まれる。

熱中性子イメージング装置

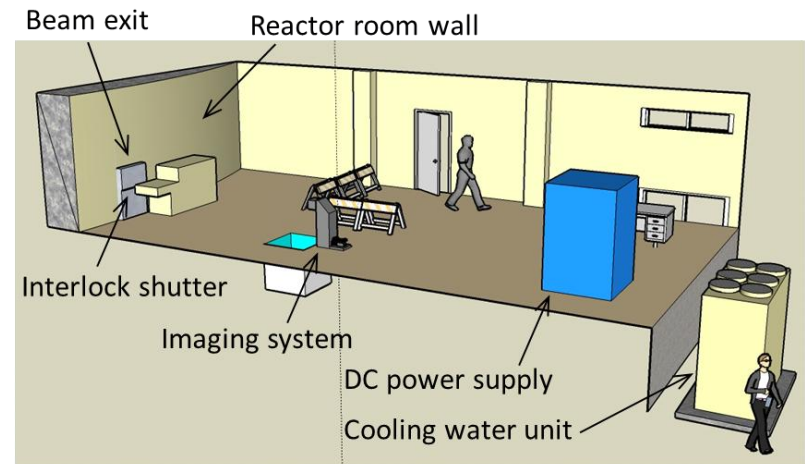
- 主に従来型の透過撮影
- 中性子強度:
大強度(10^9 n/sec/cm^2 以上)が必要。短時間撮影、高速度撮影などがターゲット
- ビーム平行度L/D:
強度を重視する小さなものから、数 $100\mu\text{m}$ 以下の空間分解能測定が可能なものを目指す。
最大L/D ~ 1000 (L/D=176@JRR-3)
- 視野サイズ:
工業製品のオペランド撮影のため、最低A4サイズ。
- 比較的大きな工業製品の測定のため照射位置の空間を大きく
- X線-中性子同時測定



TNRFとB-4



- 中性子束: 10^8 n/cm²s
- ビームサイズ: A4サイズ
- 撮影室が小さく、利用装置に制限
- 炉室への入退室

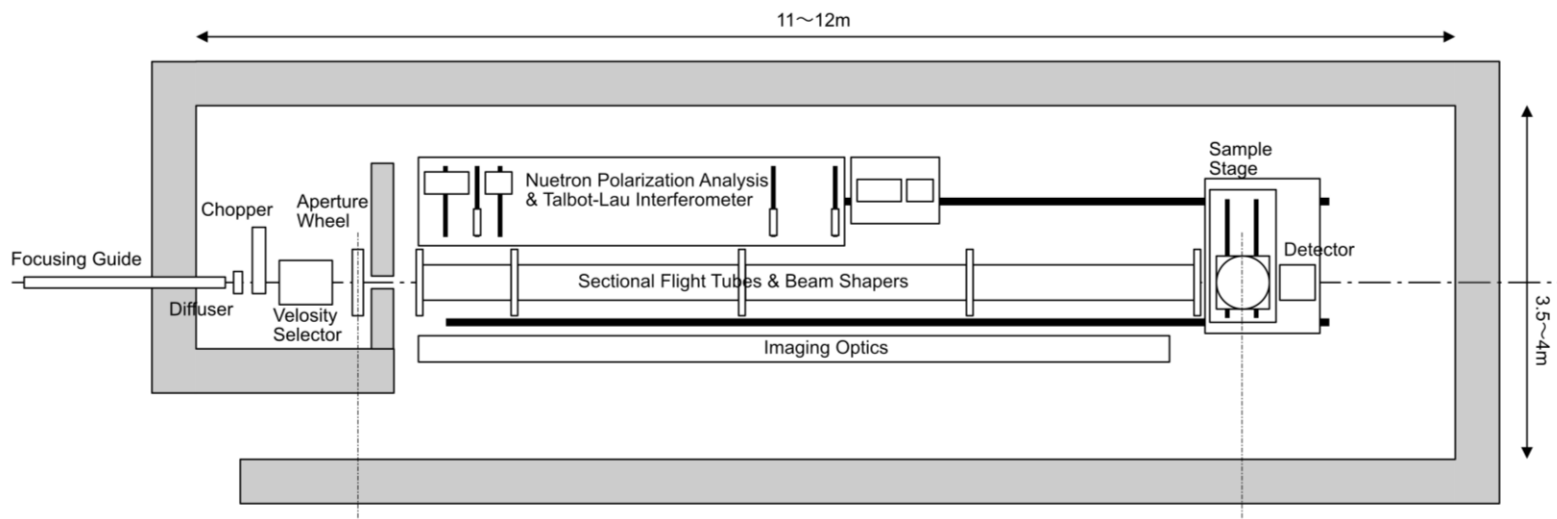


- 中性子束: 10^7 n/cm²s
- ビームサイズ: 1cm幅 × 7.5cm高
- 実験室が広い、周辺装置が充実
- X線イメージング装置

TNRFとB-4の良いところ取り + 高フラックス、高L/D

冷中性子イメージング装置

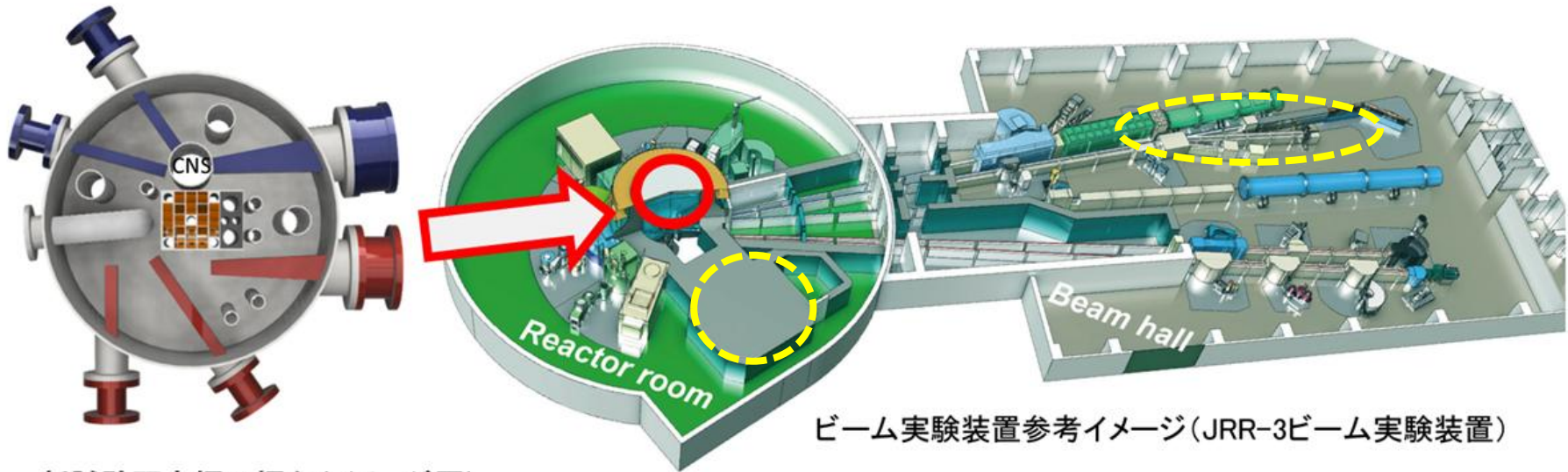
冷中性子イメージング装置は、数 μm 程度の高空間分解能イメージングおよび偏極中性子、中性子干渉を利用した特殊なイメージング手法の利用、新しい撮像技術の開発を目的とする。



基本仕様

- ・ 空間分解能：数ミクロン～100ミクロン
- ・ FoV：1cm以下～20cm角まで
- ・ L/D：200～2000程度
- ・ 時間平均中性子束： $10^8 \text{ n/cm}^2/\text{sec}$ 以上
- ・ ピーク波長は2～3 Åくらいを想定
- ・ 実験空間
 - ビーム軸方向：8m以上（ビームサイズを考慮）
 - 高さ：ビーム高さ+2m程度（低温実験、電磁石の利用を想定）
 - 幅：ビームを中心に+/-2m程度

中性子イメージング装置



ビーム実験装置参考イメージ(JRR-3ビーム実験装置)

新試験研究炉の炉心(イメージ図)

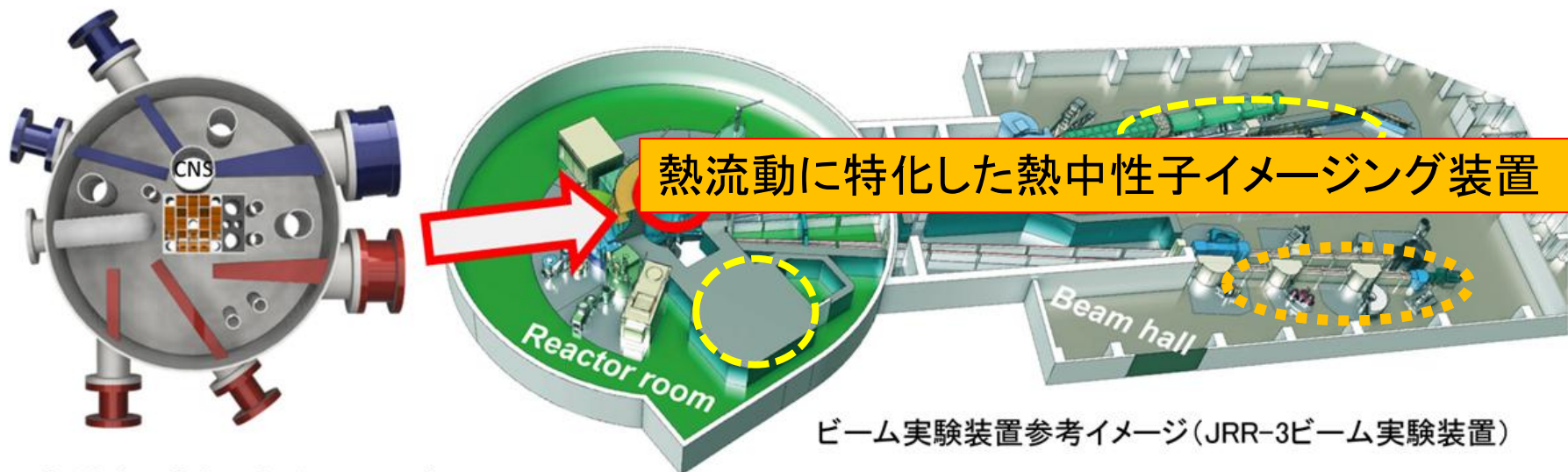
熱中性子イメージング@炉室

大強度・大画角、高速度

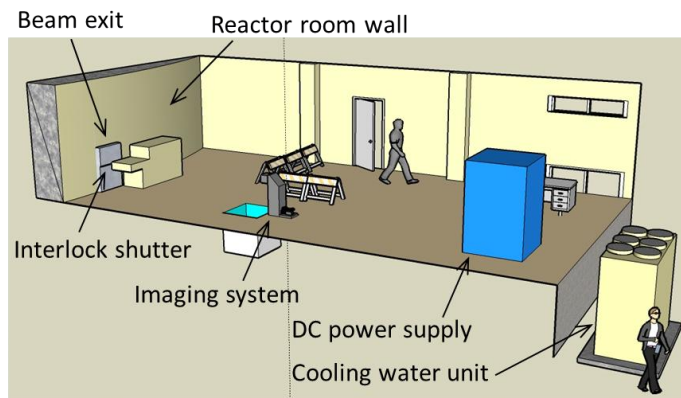
冷中性子イメージング@ビームホール

高空間分解能、手法開発

中性子イメージング装置



新試験研究炉の炉心(イメージ図)



加熱用直流電源、冷却水装置、熱流動ループ、ボイラー、冷凍機、、、

新試験研究炉完成まで

10～15年後に最先端の装置。それまで開発研究の継続。

- ✓ 高速度撮像、高速CTの高度化@JRR-3
- ✓ 高空間分解能測定へ向けた開発@J-PARC
- ✓ 偏極、干渉を利用した手法の高度化@J-PARC

国内の中性子源だけでは難しいかも。

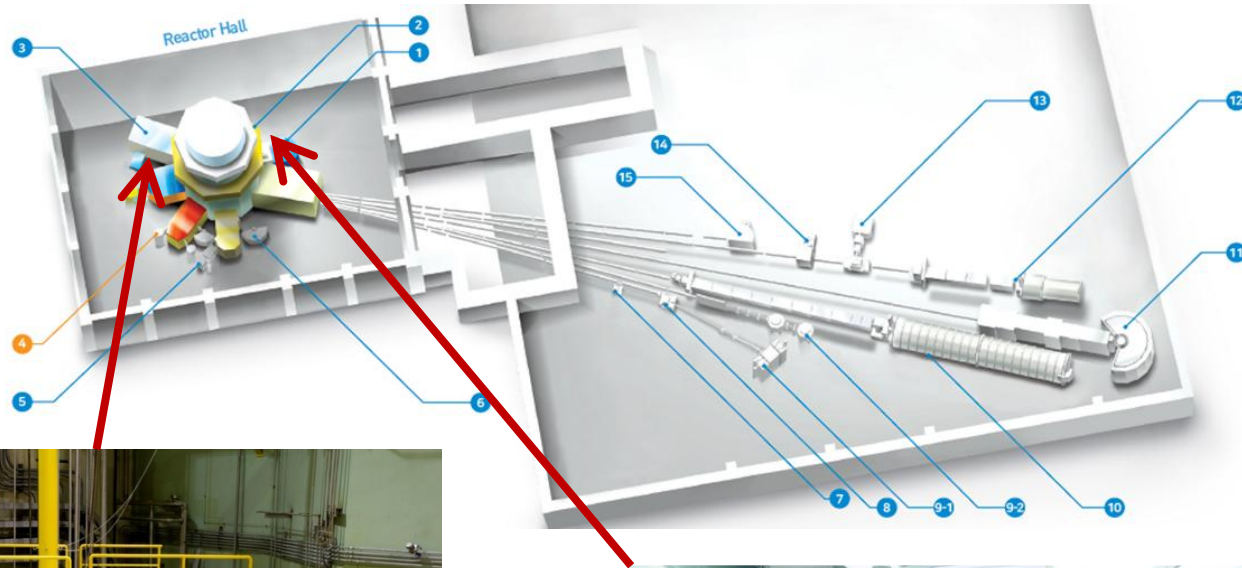
➡ 海外の研究炉FRM II、ILL、OPALなどの利用

韓国HANAROとの連携
(京大複合研として)

- ・冷中性子源開発
- ・熱中性子高速度撮像



HANARO- thermal neutron



NRF Neutron Radiography Facility

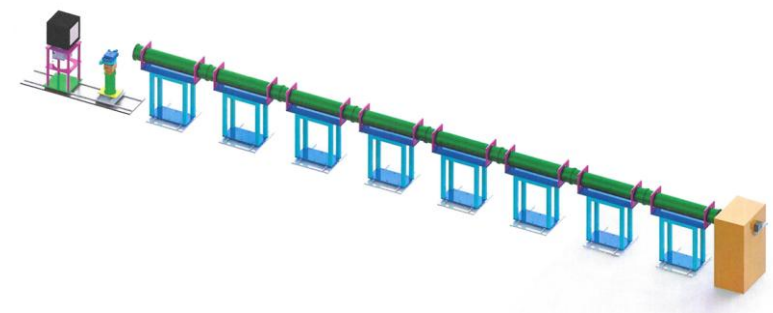
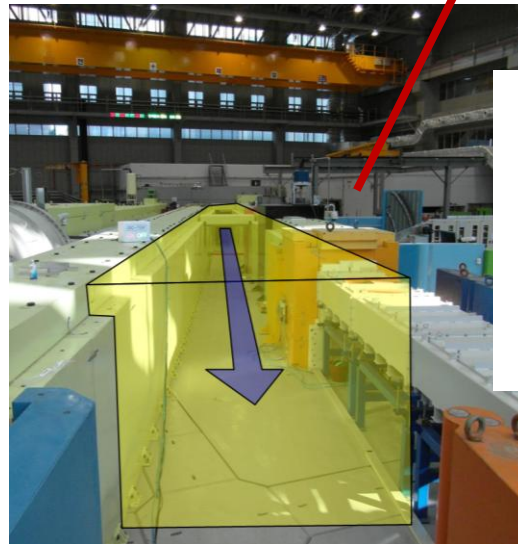
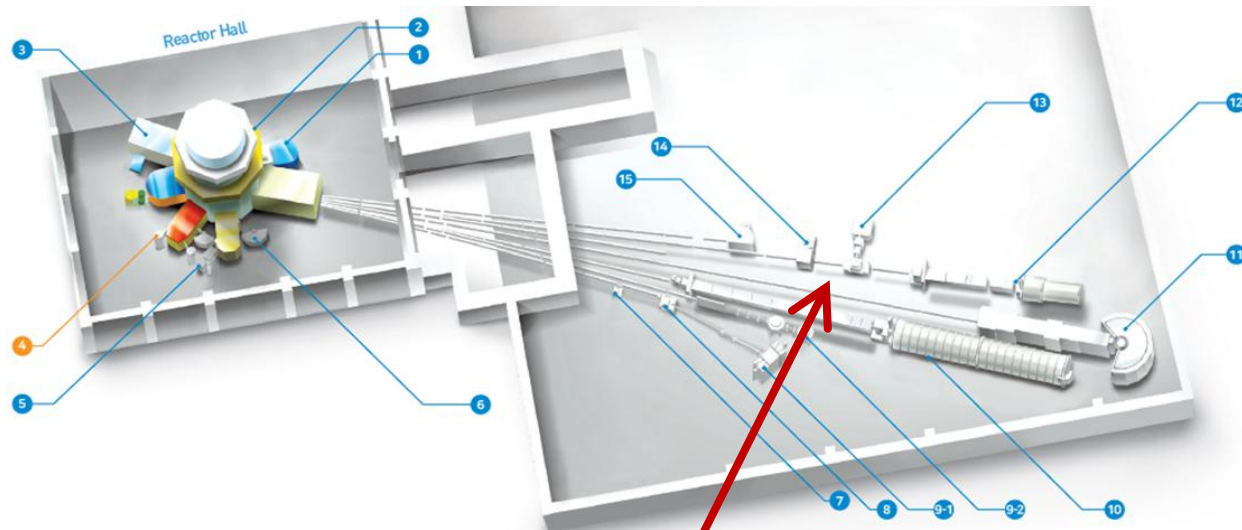
Beam size: 340x450, Flux: $6 \times 10^6 \sim 2 \times 10^7$



Ex-core Neutron Irradiation Facility

Flux: 1.49×10^9

HANARO- cold neutron



国際的な連携
共同プロジェクトへ

まとめ

- 2026年5月まではKURをよろしくお願いします。
- 熱中性子@炉室、冷中性子@ビームホールの装置検討を進める。可能なら熱中性子@ビームホールも。ご意見ください。
- 国内での開発研究を継続していくとともに、HANAROを利用した実験の実施、韓国側イメージング関係者との連携に向けて検討。
- その他、装置に関する要望などあれば。