平成２６年度 中性子イメージング専門研究会@KURRI

KURにおける中性子ラジオグラフィ設備の現状と今後

京大炉・伊藤大介，齊藤泰司

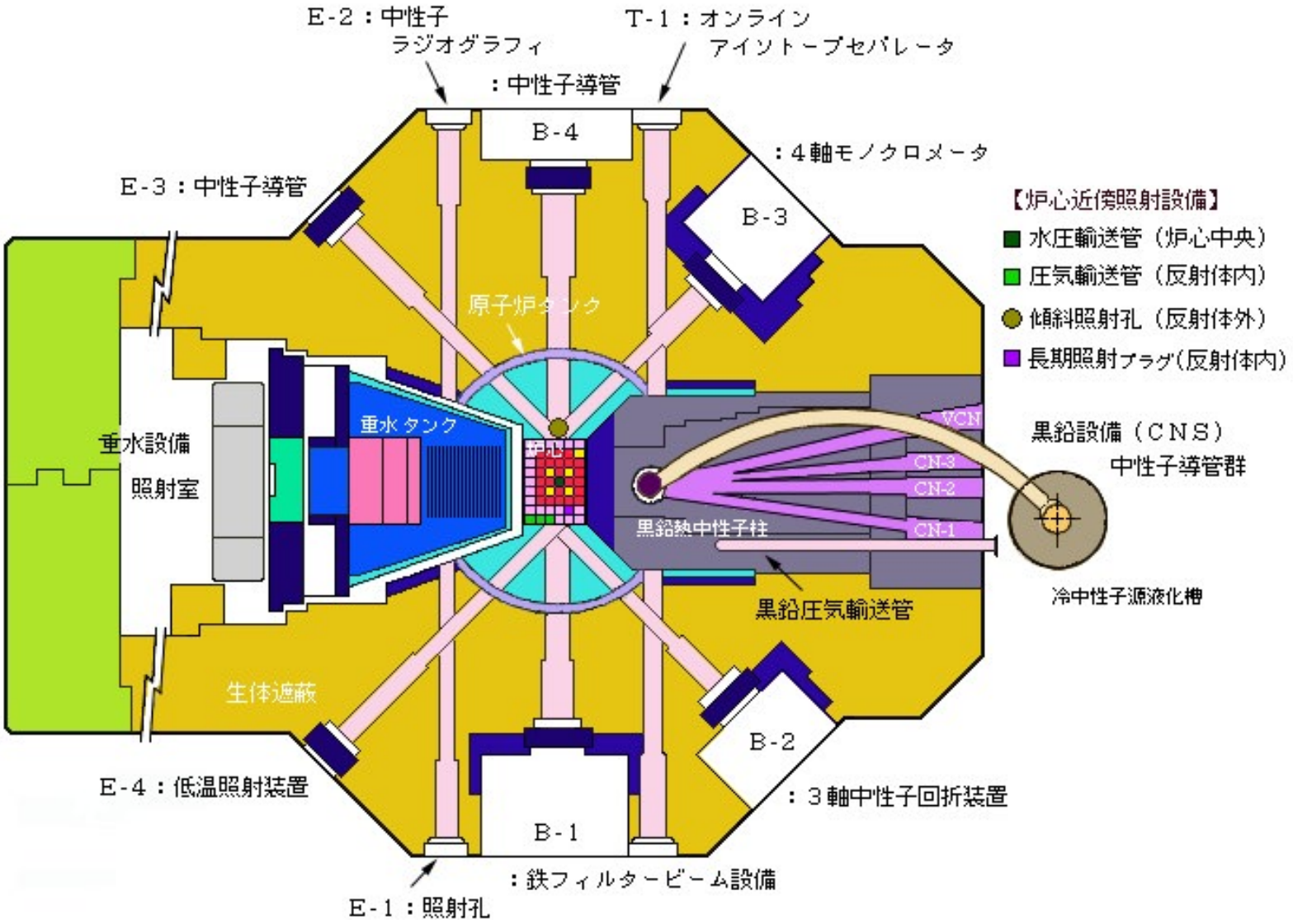
目次

- B-4中性子導管実験室
- E-2ポート
- 新しい中性子イメージングポート
  - E-4ポートの可能性
- まとめ

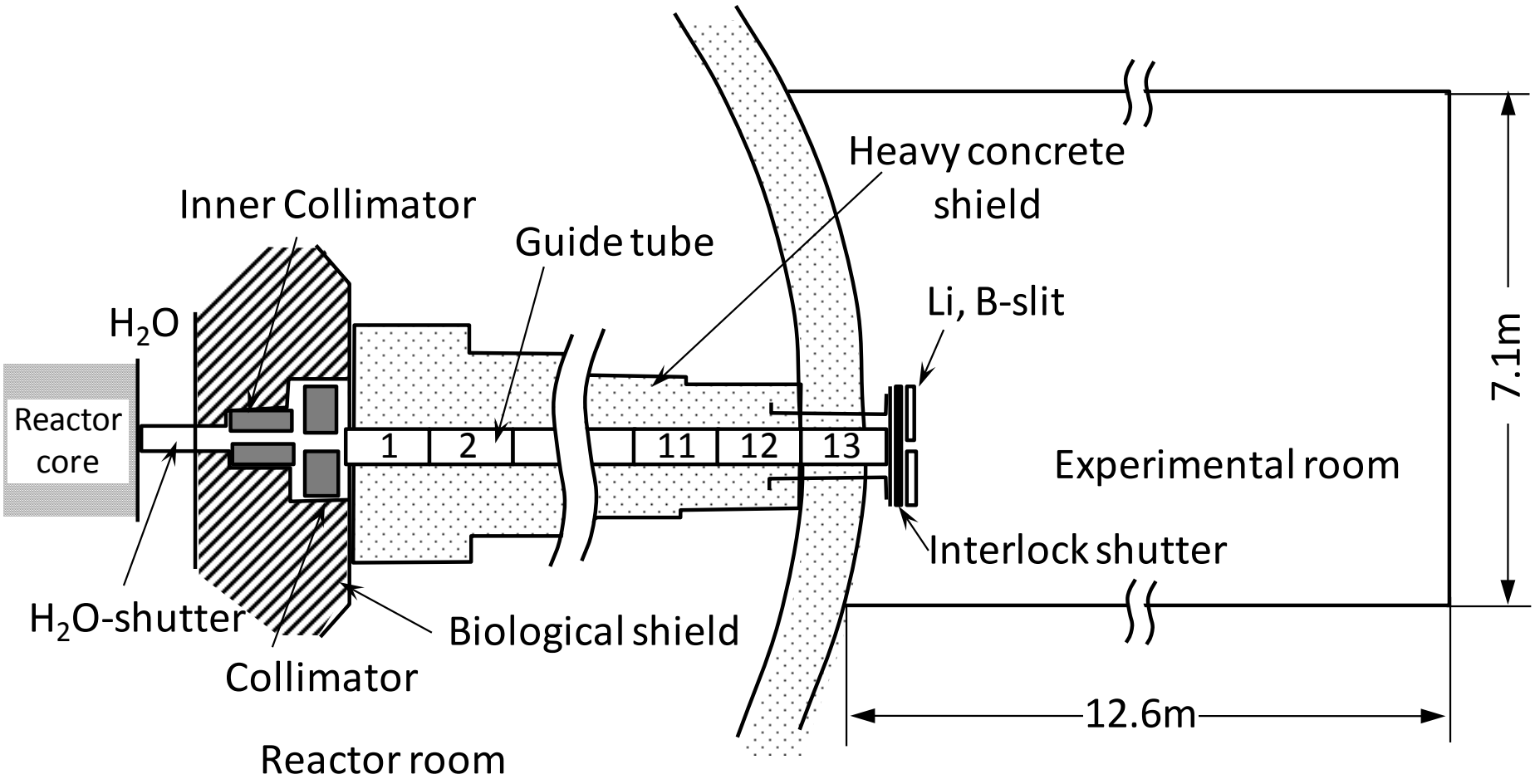
中性子イメージング@KUR

1	齊藤	京大炉	中性子ラジオグラフィを用いた混相流ダイナミックス計測に関する研究	B4
2	竹中	神戸大	中性子ラジオグラフィによる機器内流動の可視化計測	
3	塚田	東北大	中性子ラジオグラフィを利用した超臨界水反応場のin-situ観察	
4	梅川	関西大	過渡応答時におけるボイド率挙動の動的評価に関する研究	
5	香河	JAXA	宇宙用部品の中性子イメージングによる検査手法の高度化	
6	兼松	東理大	中性子ラジオグラフィによる加熱下におけるコンクリート内部の水分挙動に関する研究	
7	浅野	神戸大	中性子ラジオグラフィによるヒートポンプ機器内熱物質輸送の可視化計測	E2
8	松本	関西大	中性子ラジオグラフィを用いた着霜の評価	
9	山形	理研	中性子ラジオグラフィによる工業製品の内部情報取得とVCADシステムによるシミュレーション	
10	松嶋	岩手大	中性子ラジオグラフィの植物研究への応用	
11	沼尾	茨城大	中性子イメージングを用いたセメント硬化体中の水分測定	
12	水田	鹿児島大	フラットヒートパイプ型ヒートスプレッダ内部における冷媒分布の測定	
13	瓜谷	名古屋大	工業製品の高度化に資するための金属間有機物の可視化に関する研究	
14	辻	名古屋大	微細ウイック内流動のＮＲＧによる可視化に関する研究	

KUR

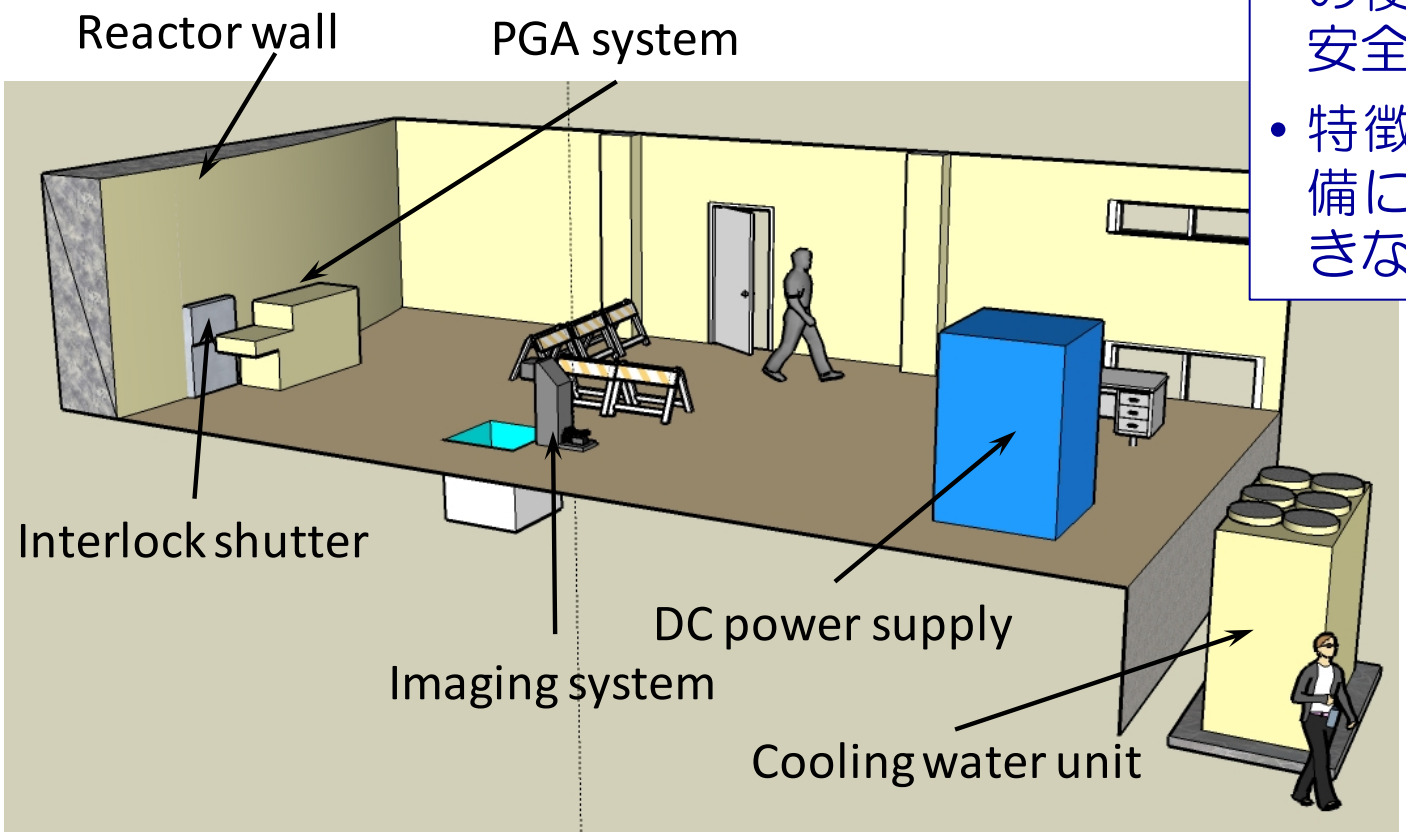

E-2：中性子
ラジオグラフィ
：中性子導管
T-1：オンライン
アイソトープセパレータ
B-4
：4軸モノクロメータ
E-3：中性子導管
B-3
【炉心近傍照射設備】
水圧輸送管（炉心中央）
圧気輸送管（反射体内）
傾斜照射孔（反射体外）
長期照射プラグ(反射体内)
原子炉タンク
重水タンク
重水設備
照射室
炉心
VCN
CN-3
CN-2
CN-1
黒鉛設備（ＣＮＳ）
中性子導管群
黒鉛熱中性子柱
黒鉛圧気輸送管
冷中性子源液化槽
生体遮蔽
B-2
E-4：低温照射装置
：３軸中性子回折装置
B-1
：鉄フィルタービーム設備
E-1：照射孔

B-4


Heavy concrete shield
Inner Collimator
Guide tube
Li, B-slit
H_2O
Reactor core
1
2
11
12
13
Experimental room
7.1m
Interlock shutter
H_2O-shutter
Biological shield
Collimator
12.6m
Reactor room

B-4実験室

- 炉室外、広さ約12m×7m
- 中性子束（～10^7n/cm^2·s）



- 二相流研究は中性子イメージングの重要な応用分野
- 原子炉廻りで大電力の使用は、原子炉の安全確保上困難
- 特徴的周辺装置の整備によって他ではできない研究を実施

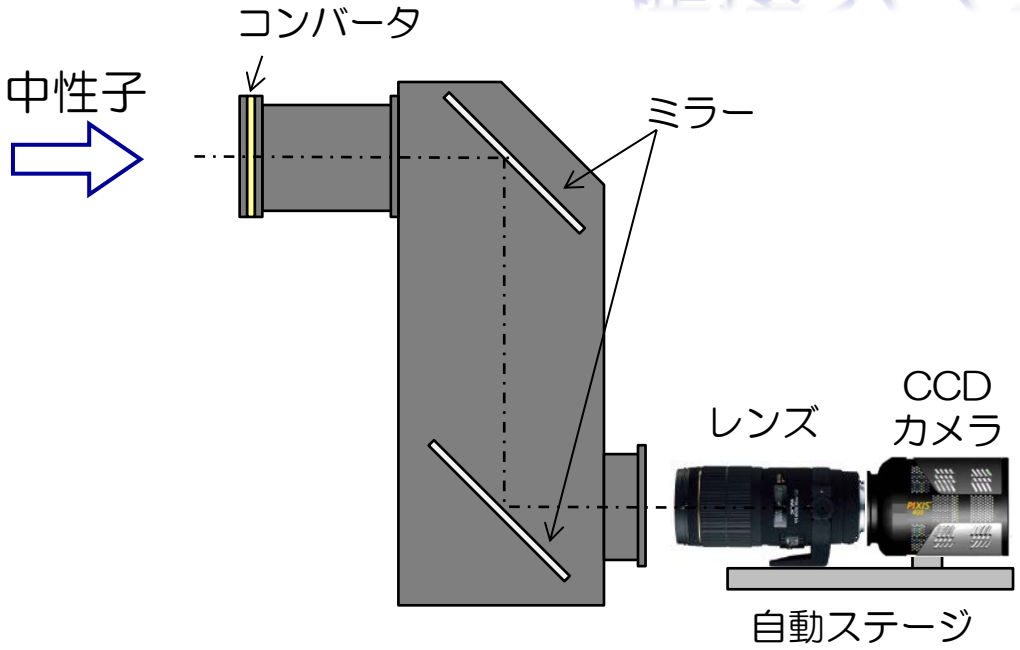
周辺設備：
PGAシステム、直流電源（20V1200A）、冷水供給装置（5℃、50kW）、熱流動ループ（耐圧2MPa）、CCD撮像システム、高速度カメラシステム

B-4実験室

- 二相流研究（神戸大・関大・京大炉）
  → 大電力・沸騰
- 超臨界水（東北大）　→ 高温・高圧
- 人工衛星用推進薬(JAXA)　→ 毒薬かつ爆薬
- コンクリート爆裂実験（東理大）→ 火気使用

✓大型実験機器の使用
✓大人数での実験

撮像システム



PIXIS CCD (Princeton Instruments)
512x512 or 1024x1024

レンズ：50，105, 180mm
テレコン：2倍

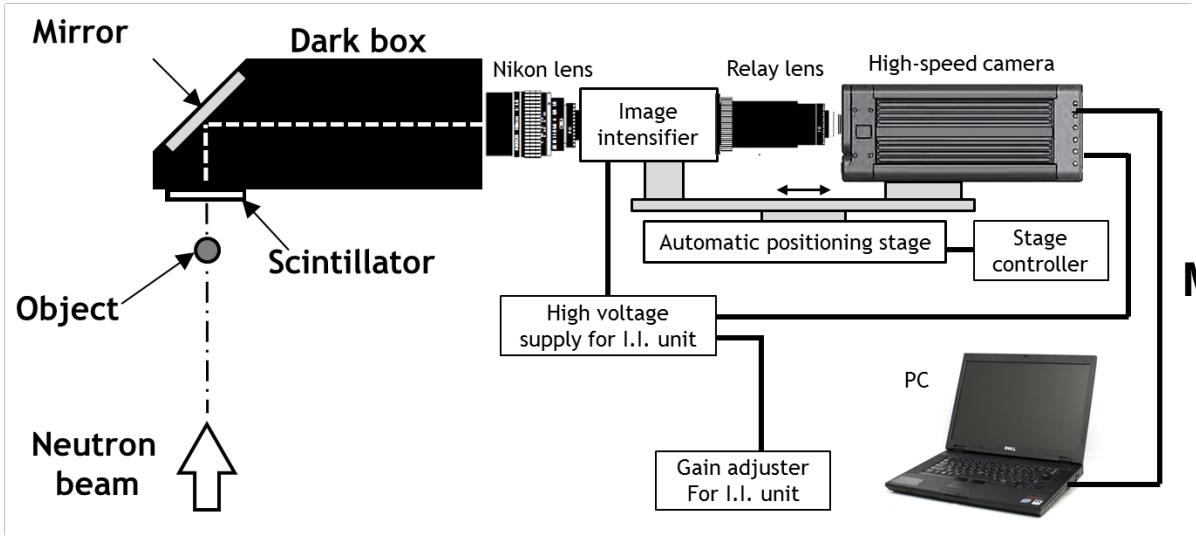


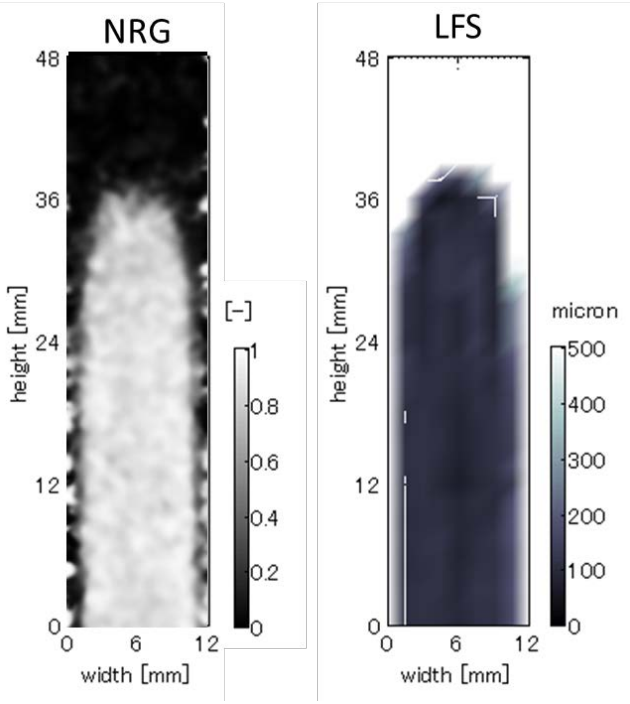
Image intensifier:
single MCP (GaAsP) +Booster
Scintillator : LiF:ZnS (Ag) type

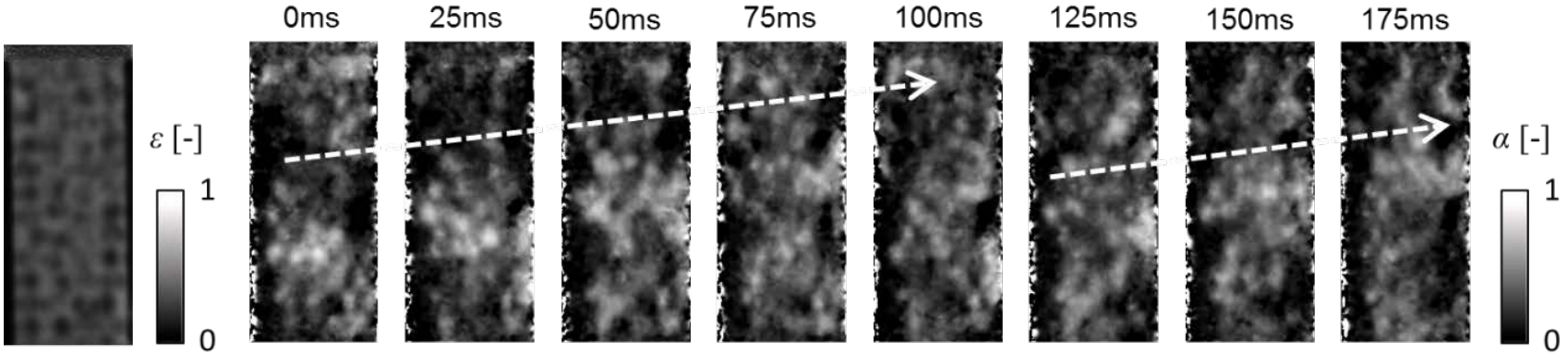
MotionPro Y4 Lite

Rec.Speed：4,000fps @1024×1024
Bit: 10bit(8bit)
Sensitivity: ISO 10000
Pixels size：14μm× 14μm

B-4（京大炉G）

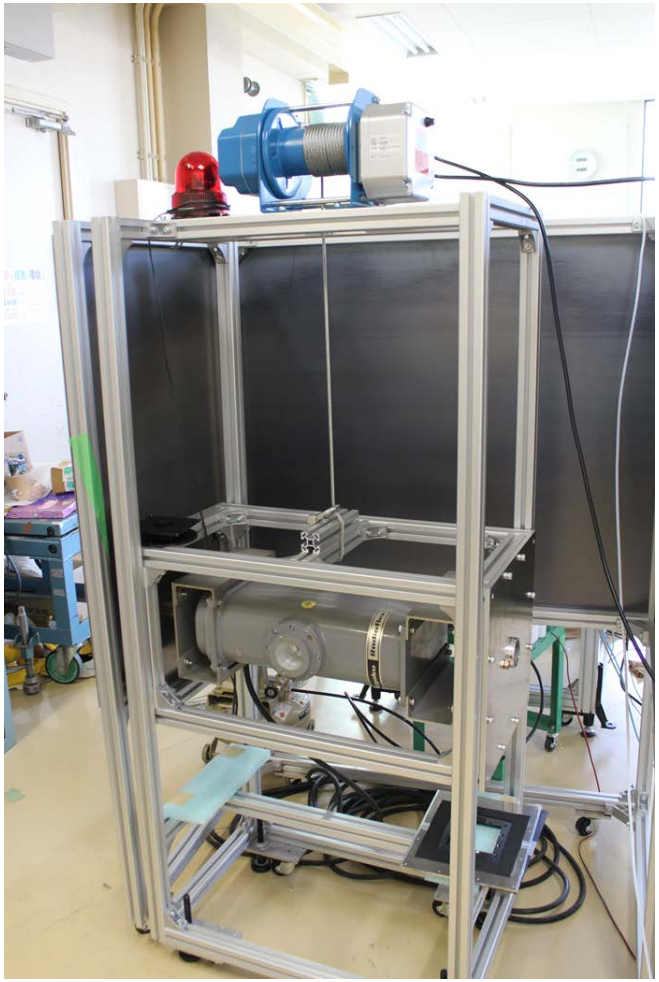
- 狭間隙液膜厚さ分布の計測
- 球充填層における空隙率およびボイド率分布の計測
- 液体金属二相流の可視化





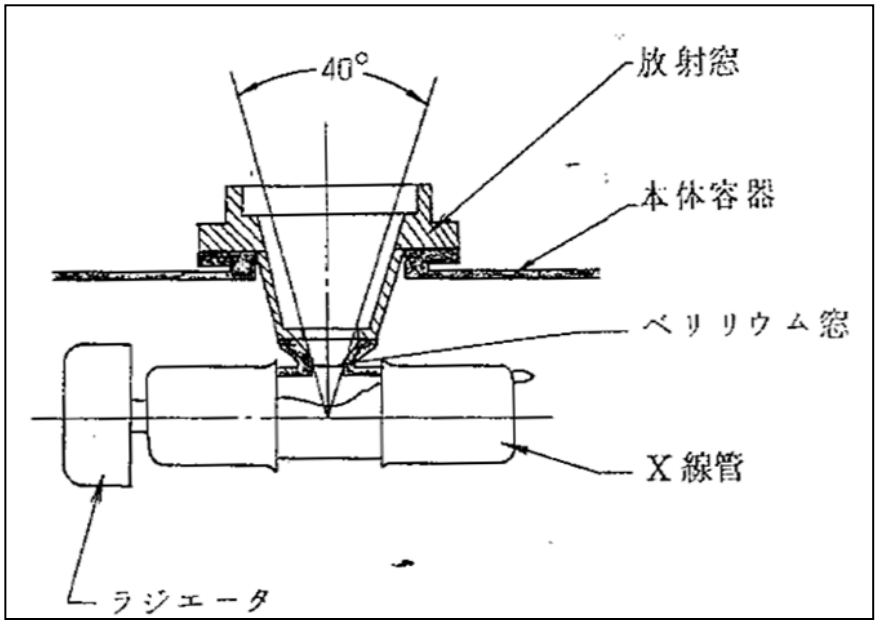
- ロータリーコリメーターの整備
- 中性子I.I.（神戸大）のためのシステム構築

X線ラジオグラフィ@B4



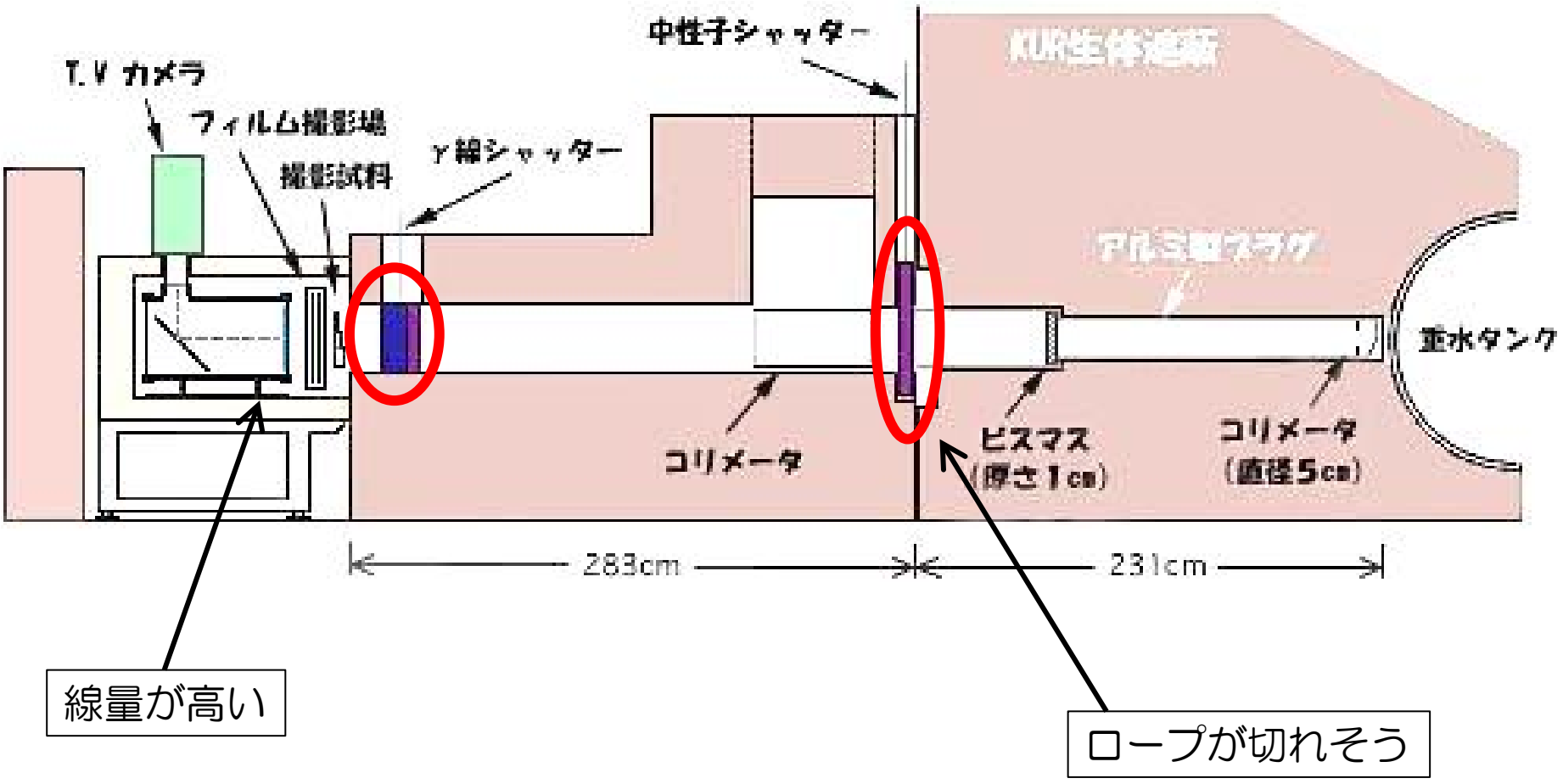
KUR非運転時における放射線イメージング

X線発生装置（RADIOFLEX-100GS）



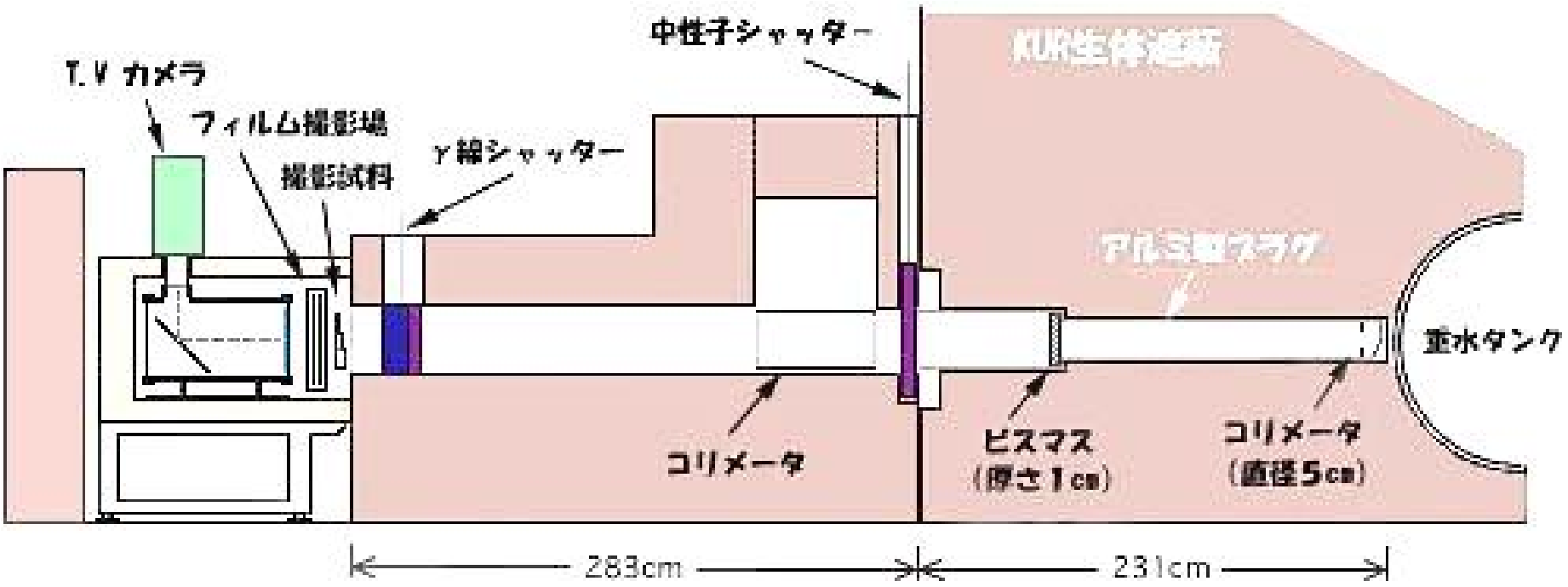
- 水平管群内気液二相流の計測（神戸大）
- 水中における溶融金属挙動の計測およびWMSとの併用（京大炉）
- 中性子I.I.と高速度カメラを用いた動画撮影・・・（現状60Hz）

E-2の現状



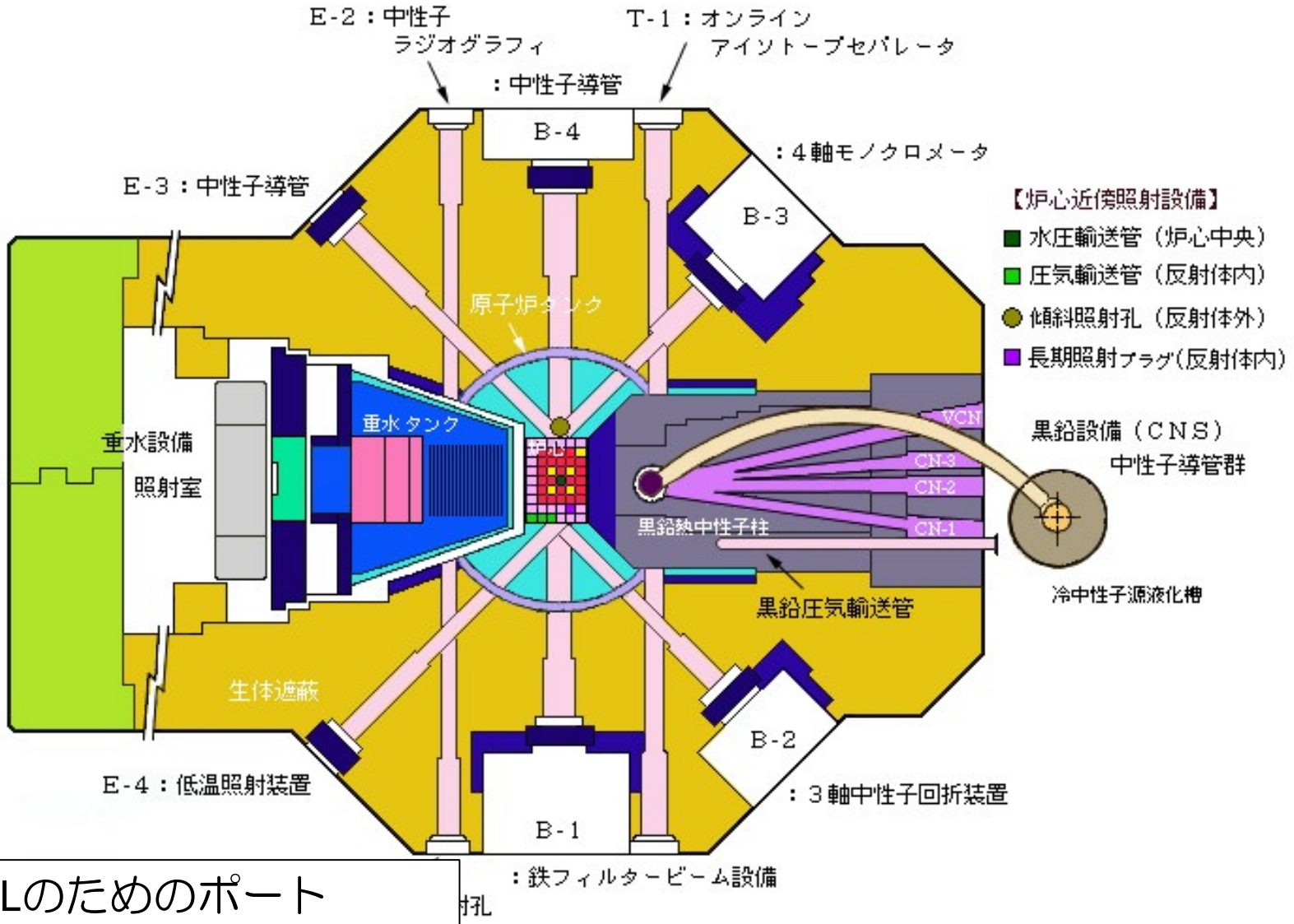
3.2×10^5 n/cm^{2}sec　　L/D=100

E-2の現状



- 規制庁の調査のため片付け中
- 中性子シャッターの変更
- ミラー交換（理研・来月以降）

新たなイメージングポート



LTLのためのポート
➔利用者の減少➔停止

イメージングポートとしての可能性

イメージングポートの比較

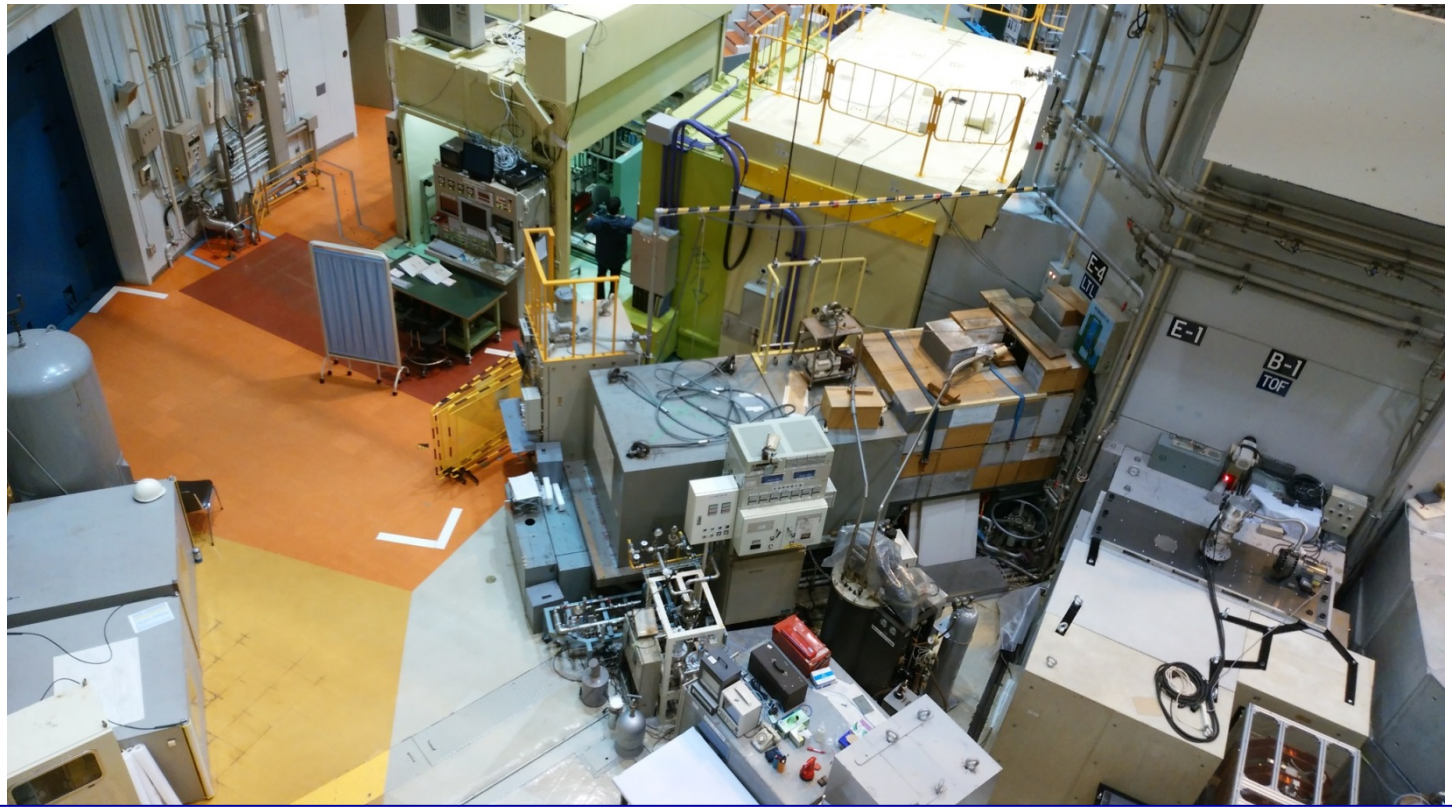
	面積	輝度	場所
KUR-E2	中 177 cm^2 (ϕ15cm)	小 $3.2\times10^5 n/cm^2s$ $\sim5.7\times10^7 n/s$	KUR炉室 @5MW
KUR-B4	小 7.4 cm^2	中 $5\times10^7 n/cm^2s$ $\sim3.7\times10^8 n/s$	KUR炉室外 @5MW
TNRF	大 777 cm^2	大 $1.2x10^8 n/cm^2s$ $\sim9.3\times10^{10} n/s$	JRR-3炉室@20MW

KUR-E4 （目標）	中 ϕ15cm程度	中 10^6 n/cm^2s 以上	KUR炉室 @5MW

E-4

TNRFやE2実験孔などは、中性子源を見込み、10m程度の飛行距離をとるシンプルな構造をとる。

高速中性子やγ線は除去されず、バックグラウンドも増加し、ビームダンプや遮蔽が大きくなり、実験スペースを圧迫する。



多数回反射ソーラースーパーミラー及びソーラーコリメーターをKUR–E4実験孔の生体遮蔽内に設置し、遮蔽付きフライトパスと組み合わせることで、L/D>100の熱中性子平行ビームのみを大口径で輸送する屈曲光学ビームラインを構築する。

まとめ

- B-4：
  - ロータリーコリメータは必要？
  - 中性子I.I.の需要（神戸大と要相談）
- E-2：
  - シャッターの自動化？
  - 撮影室のスペース
- E-4：
  - 使ってみたい？