



10年ぶりに再稼働したJRR-3の 中性子イメージング装置について

日本原子力研究開発機構

栗田圭輔, 飯倉寛



JRR-3について

□ 研究用原子炉 JRR-3

- 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が保有する国内最大級の研究用原子炉
- 熱出力20 MW、炉心付近における最大熱中性子束 $3 \times 10^{14} \text{ n cm}^{-2} \text{ sec}^{-1}$



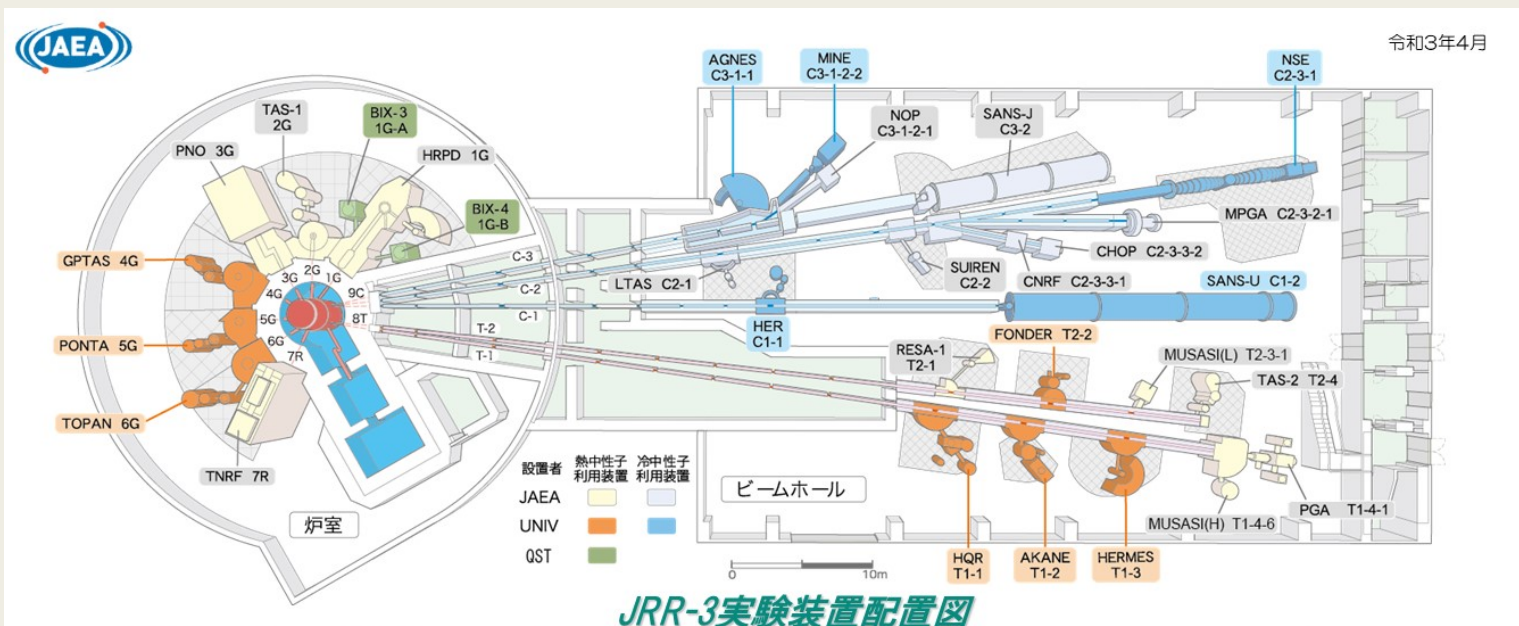
□ JRR-3の運転再開について

- 2010年11月に定期検査に伴い停止
- その後、東日本大震災を経て、新規制基準へ適合するために必要な工事等を実施
- 2021年2月26日、様々な検査に合格し
運転再開！
- 7月12日には**供用運転再開！**



JRR-3について

□ JRR-3の中性子ビーム実験装置



熱中性子ビーム (炉室)

熱中性子ビーム (ビームホール)

冷中性子ビーム (ビームホール)

ビームポート		実験装置	組織名	ビームポート		実験装置	組織名	ビームポート		実験装置	組織名
1G	HRPD	高分解能粉末中性子回折装置	JAEA	T1-1	HQR	中性子偏極回折装置	ISSP	C1-1	HER	高エネルギー分解能三軸型中性子分光器	ISSP
1G-A	BIX-3	生体高分子用中性子単結晶回折装置-3	QST	T1-2	AKANE	金研三軸型中性子分光器	TOHOKU	C1-2	SANS-U	二次元位置測定小角散乱装置	ISSP
1G-B	BIX-4	生体高分子用中性子単結晶回折装置-4	QST	T1-3	HERMES	金研高性能中性子粉末回折装置	TOHOKU	C2-1	LTAS	冷中性子散乱実験デバイス開発装置	JAEA
2G	TAS-1	三軸型中性子分光器	JAEA	T1-4-1	PGA	即発ガンマ線分析装置	JAEA	C2-2	SUIREN	偏極中性子反射率計	JAEA
3G	PNO	精密中性子光学装置	JAEA	T1-4-6	MUSASI	多目的単色熱中性子実験ポート(高角)	JAEA	C2-3-1	NSE	中性子スピネコー分光器	ISSP
4G	GPTAS	汎用三軸型中性子分光器	ISSP	T2-1	RESA-1	中性子応力測定装置-1	JAEA	C2-3-2-1	MPGA	多重即発ガンマ線分析装置	JAEA
5G	PONTA	偏極中性子散乱装置	ISSP	T2-2	FONDER	中性子4軸回折装置	ISSP	C2-3-3-1	CNRF	冷中性子ラジオグラフィ装置	JAEA
6G	TOPAN	東北大学中性子散乱分光器	TOHOKU	T2-3-1	MUSASI	多目的単色熱中性子実験ポート(低角)	JAEA	C2-3-3-2	CHOP	パルス中性子機器開発装置	JAEA
7R	TNRF	熱中性子ラジオグラフィ装置	JAEA	T2-4	TAS-2	高分解能三軸型中性子分光器	JAEA	C3-1-1	AGNES	高分解能パルス冷中性子分光器	ISSP
JAEA：日本原子力研究開発機構 QST：量子科学技術研究開発機構 ISSP：東京大学物性研究所 TOHOKU：東北大学								C3-1-2-1	NOP	中性子光学システム評価装置	JAEA
								C3-1-2-2	MINE	多層膜中性子干渉計/反射率計	KUR
								C3-2	SANS-J	中性子小角散乱装置	JAEA

JAEA：日本原子力研究開発機構
 QST：量子科学技術研究開発機構
 ISSP：東京大学物性研究所
 TOHOKU：東北大学
 KUR：京都大学

TNRF/CNRFについて

□ 装置について

◆ CNRF (冷中性子ラジオグラフィ)

中性子束 [$\text{n}/\text{cm}^2/\text{s}$]	1.6×10^7
照射野 [$\text{W} \times \text{H mm}$]	30×30



◆ TNRF (熱中性子ラジオグラフィ)

中性子束 [$\text{n}/\text{cm}^2/\text{s}$]	1.0×10^8
照射野 [$\text{W} \times \text{H mm}$]	255×305
コリメータ比 [L/D]	176



□ 管理体制について

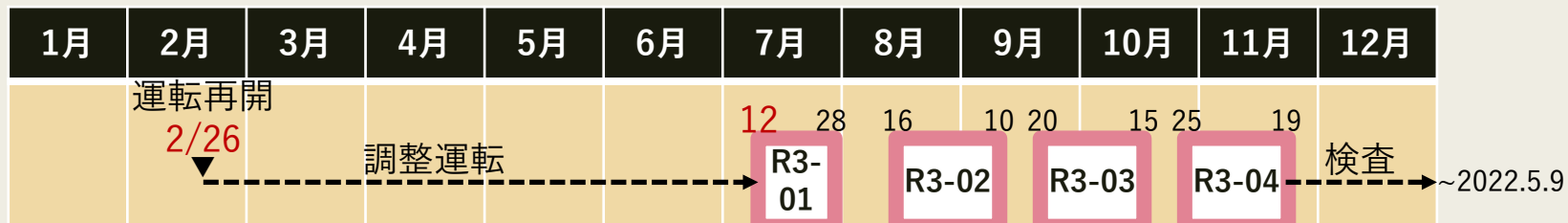
- 装置責任者：栗田圭輔
- 装置担当者：飯倉寛
- 技術員：小澤淳（派遣）

利用等についての相談は栗田、もしくは飯倉までご連絡ください。

TNRF/CNRFについて

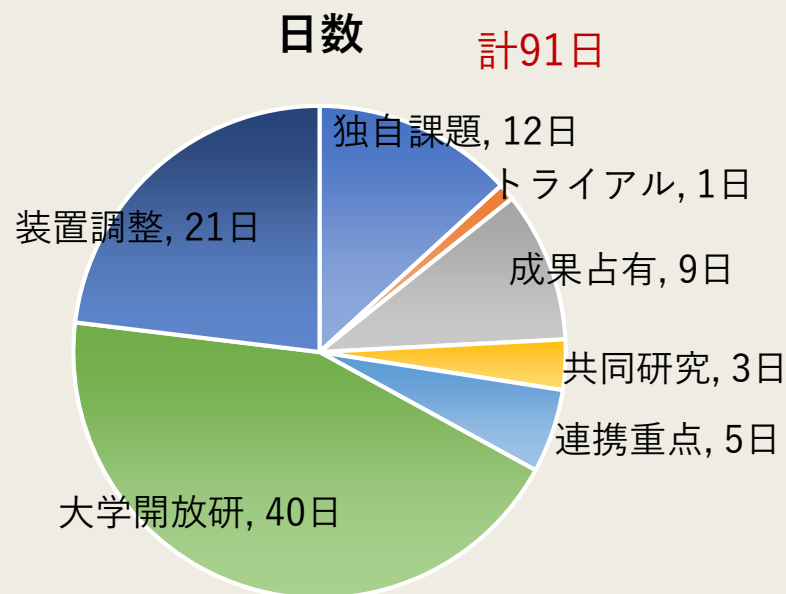
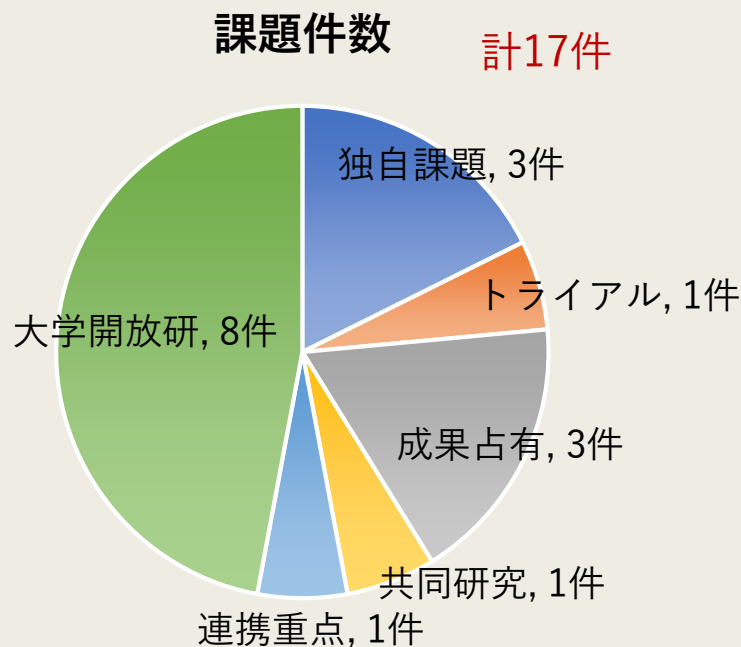
□ 今年度の実績

➤ 2021年 JRR-3供用運転スケジュール



令和3年度は4サイクルの供用運転を実施

➤ TNRFの課題実績



TNRF/CNRFについて

□ 今年度の実績

➤ CNRFの課題実績

- 大学開放研1件、トライアル1件
- 利用日数3日

□ 来年度の予定

➤ 2022年 JRR-3供用運転スケジュール予定



令和4年度は7サイクルの供用運転を実施
(約170日)

➤ 来年度の利用公募について

- 1次募集（通年）は11月末で締め切り
- 2022年5月に後期分の公募を予定

装置の現状について（TNRF）

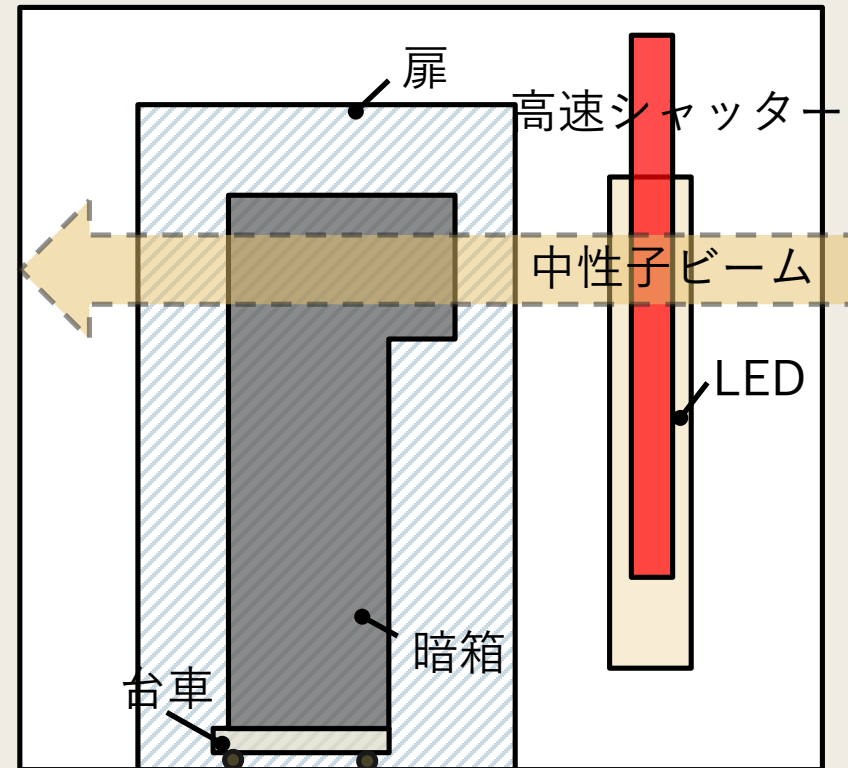
□ TNRFの外観



装置の現状について (TNRF)

□ 撮影室の内部

◆ 概要

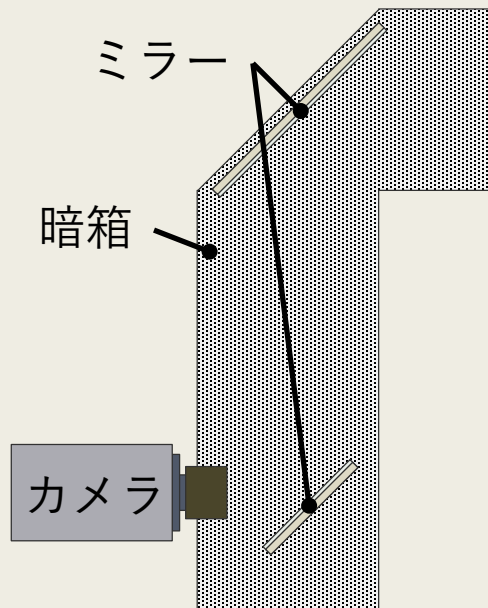


装置の現状について (TNRF)

□ 撮影室の内部

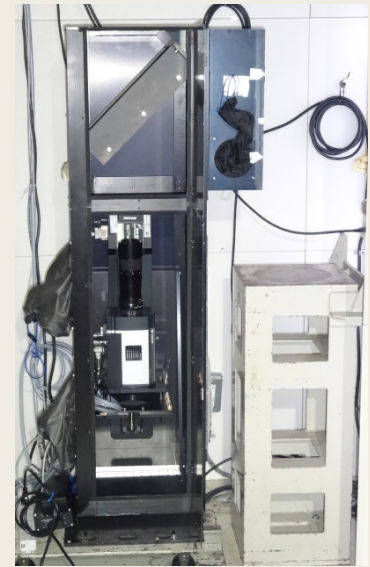
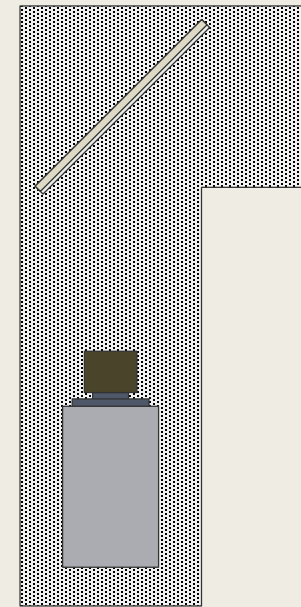
◆ 暗箱の改造について

ダブルミラー



改造
⇒

シングルミラー

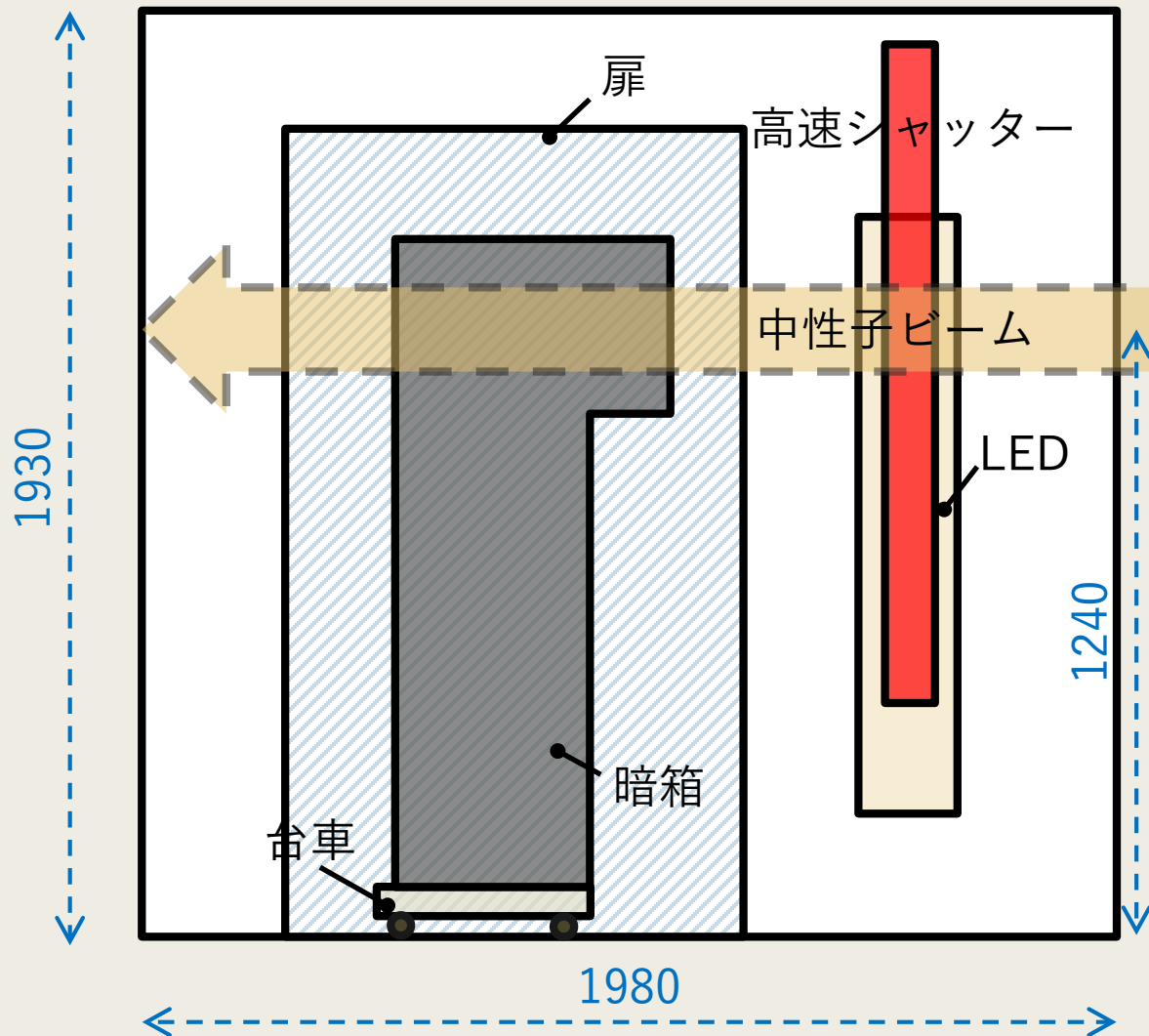


- カメラは自動ステージに載せることで撮影室外からピントを調整可能
- 暗箱後方の台が無くなり空きスペースが拡大
- ミラーを丸形から角型へ変更 (by京大)

装置の現状について (TNRF)

□ 撮影室の内部

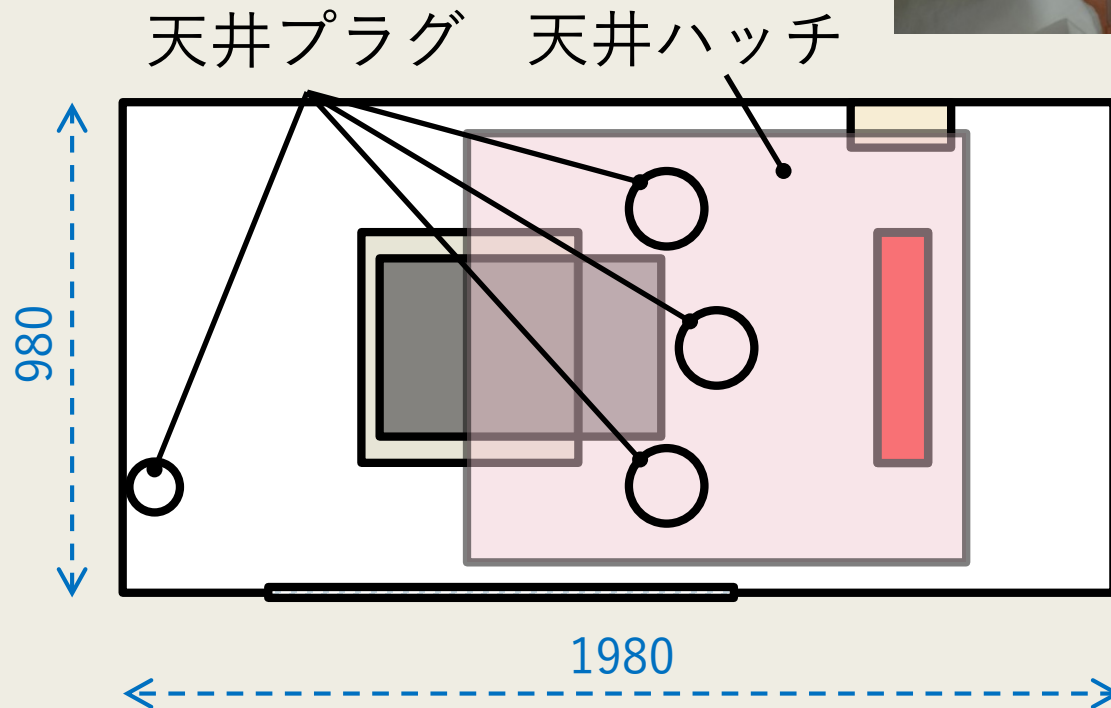
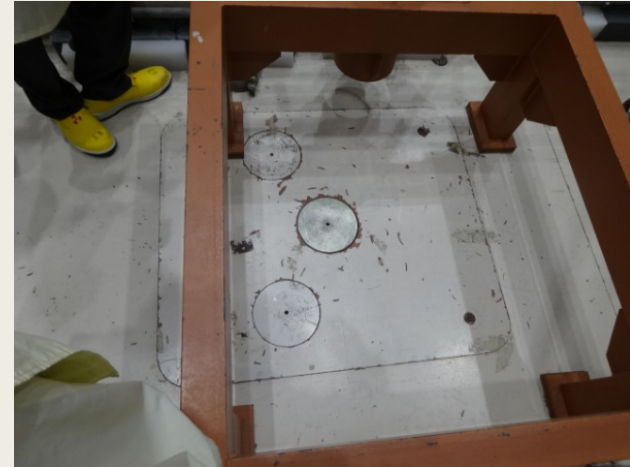
◆ 撮影室のサイズ感



装置の現状について (TNRF)

□ 撮影室の内部

◆ 撮影室のサイズ感



装置の現状について (TNRF)

□ 利用できるカメラについて

◆ 冷却CCDカメラ：iKon-L 936 (Andor)

- 画素数 : 2048 × 2048
- 画素サイズ : 13.5 μm × 13.5 μm
- 受光面積 : 27.6 × 27.6 mm
- 濃度諧調 : 16 bit
- フレームレート : 0.95 fps
- レンズマウント : Fマウント



◆ EM-CCDカメラ：iXon Ultra 897 (Andor)

- 画素数 : 512 × 512
- 画素サイズ : 16 μm × 16 μm
- 受光面積 : 8.2 × 8.2 mm
- 濃度諧調 : 16 bit
- フレームレート : 56 fps
- レンズマウント : Cマウント



装置の現状について (TNRF)

□ 利用可能なカメラについて

◆ 高速度カメラ : FASTCAM SA5 (Photron)

- 画素数 : 1024×1024
- 濃度諧調 : 12 bit
- メモリ容量 : 16 GB
- 撮像速度 : 7000 fps(フルピクセル), 50000 fps(512×272)



◆ 光I.I. : C10880-03F (浜ホト)

- MCP : 1枚
- ブースター : 1段
- 光電面 : マルチアルカリ
- 最短ゲート時間 : 10 ns
- 映像増強度 : 1×10^5 lm/m²



装置の現状について (TNRF)

□ 利用可能なレンズについて

◆ Fマウントレンズ

レンズ種類	焦点距離	F値
Nikkor	28 mm	F2.8
Nikkor	35 mm	F2.0
Nikkor	85 mm	F1.4
Micro-Nikkor	55 mm	F2.8
Micro-Nikkor	105 mm	F2.8
Micro-Nikkor	200 mm	F4.0
Noct-Nikkor	58 mm	F1.2

◆ テレコンバータ

➤ TC-14A

◆ 接写リング

➤ PK-13

➤ PK-12

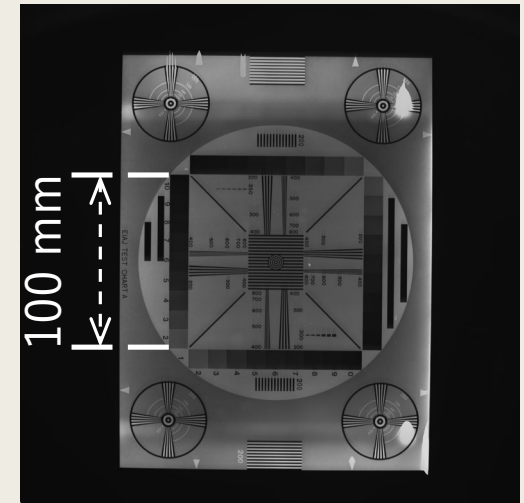


装置の現状について (TNRF)

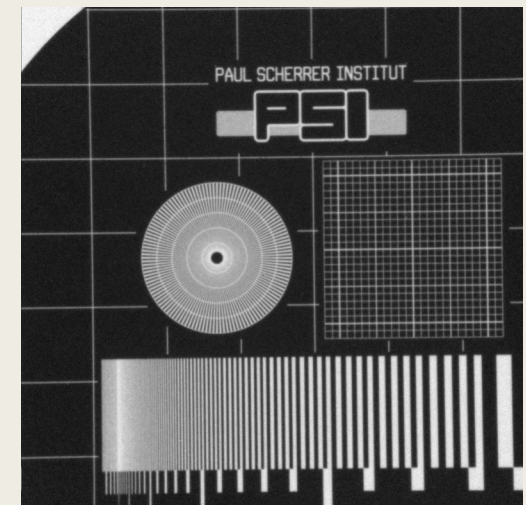
□ 利用可能なレンズについて

◆ レンズと視野・分解能との関係

レンズ	露光時間 [s]	視野 [mm□]	分解能 [μm]
58 mm (F=1.2)	0.5	約300	約300
85 mm (F=1.4)	0.75	約200	-
105 mm (F=2.8)	2.5	約140	約210
200mm (F=4.0)	6.0	約70	約140



58mmレンズ装着時の視野



200mmレンズ装着時の
インジケータ撮像結果

装置の現状について (TNRF)

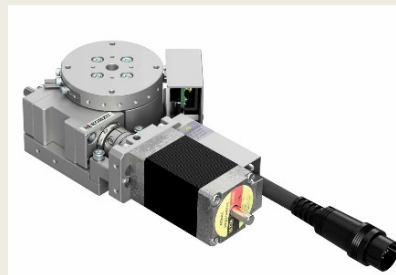
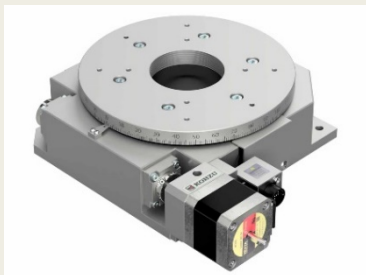
□ 利用可能な試料ステージについて

◆ θ ステージ

- RA16A-WH01 (神津精機)
 - テーブル面： $\Phi 158$ mm (上部に $\Phi 300$ mm, $t=20$ mm のアルミ板取り付け)
 - 耐荷重：60 kg
- RA05A-W02 (神津精機)
 - テーブル面： $\Phi 49$ mm
 - 耐荷重：4 kg

◆ Xステージ

- SGSP46-300 (シグマ光機)
 - 移動距離：300 mm



装置の現状について (TNRF)

□ その他利用可能な設備について

◆ 圧縮空気

- 配管先端：カプラ40PM
- 吐出能力：7.5 Nm³/min
- エアタンク圧力：0.78 ~ 0.85 MPa

◆ 循環水

- 配管先端：カプラ8S (by神戸大)
- 温度：常温

◆ 200Vソケット

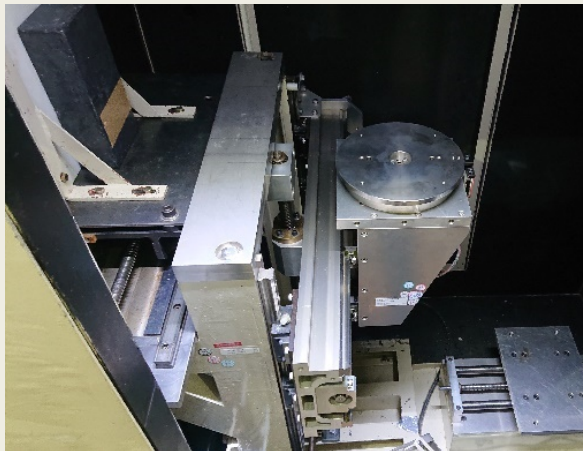
- 容量：30 A × 1, 20 A × 1 (by京大)



装置の現状について（CNRF）

□ CNRFの現状

- ビームシャッター、インターロックの動作は問題無し
- IPリーダー（BAS2500）を利用可能
- 撮影室内部の θ ステージ、Xステージは動作不良



今後の整備計画

□ TNRFの整備計画

- Z軸試料ステージの導入
- 試料台の改造
- サンプルチェンジャーの導入
- ネットワークカメラの導入
- コリメータの導入検討
- 実施可能な実験条件の検討（燃料電池実験、爆裂実験）



□ CNRFの整備計画

- θ ステージ、Xステージの修理
- ベンダーの調整（？）
- 上流装置の稼働時における中性子束の調査

最後に

- JRR-3の再稼働に伴い、TNRF・CNRFの供用運転を再開しました。
- たくさんの方からの支援のおかげで、大きなトラブルもなく2021年度の供用運転を終了できました。
- 今後もユーザーの供用利用を支援しつつ、より良い装置を目指し、整備を進めていきます。