



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、原山勲

JRR-3について

研究用原子炉 JRR-3

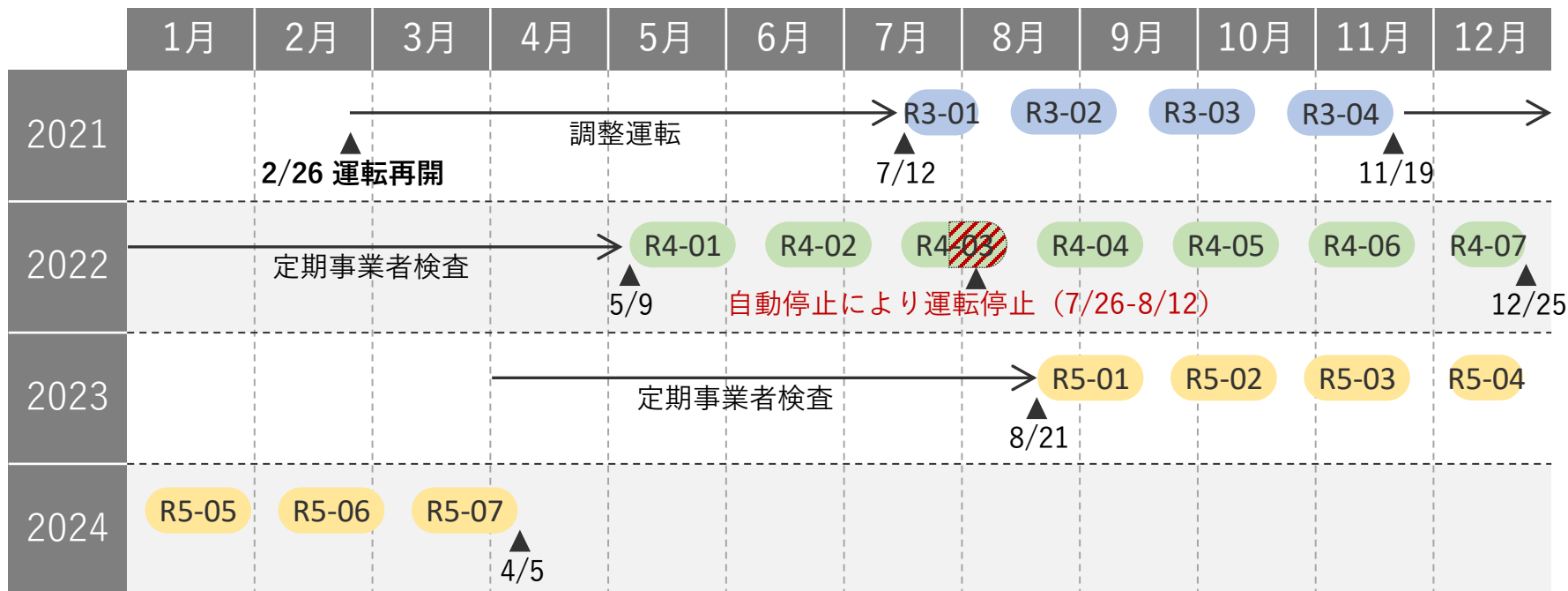
- 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が保有する国内最大級の研究用原子炉
- 熱出力20 MW、炉心付近における最大熱中性子束 $3 \times 10^{14} \text{ n/cm}^2 \text{ sec}^{-1}$
- J-PARCと同様に原子力科学研究所敷地内に設置



JRR-3について

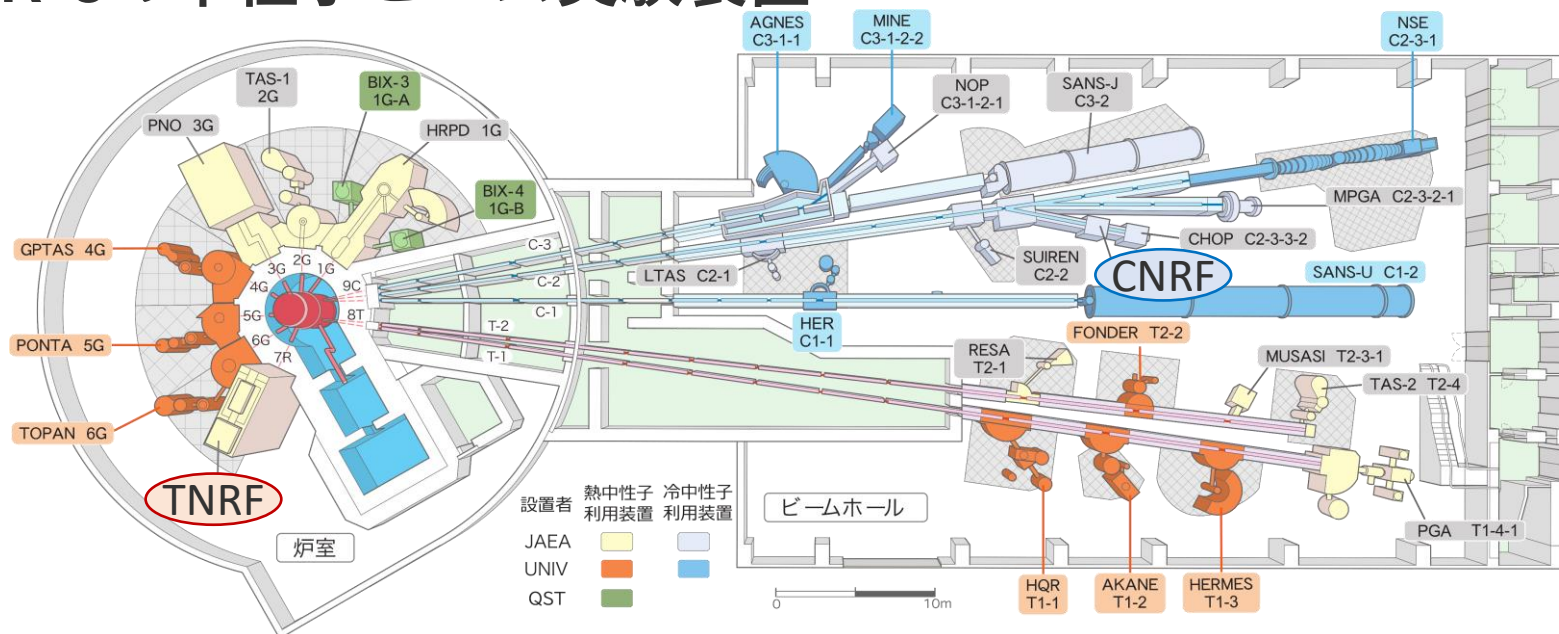
運転再開とR5年度までの運転状況について

- 2010年11月から定期検査に伴い運転停止
～その後、新規制基準へ適合するために必要な工事等を実施
- 様々な検査に合格し**2021年2月26日に運転再開**～同年**7月12日には供用運転再開**
- 運転再開後は大きな問題も無くほぼ予定通り稼働



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	HOR 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
						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

JRR-3のイメージング装置

TNRF

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



- 高い中性子束、広い視野が特徴の熱中性子ラジオグラフィ装置

CNRF

中性子束 [n/cm ² /s]	1.7×10^7
照射野 [W × H mm]	20 × 30



- 熱中性子に比べ高コントラストの画像が取得できる冷中性子ラジオグラフィ装置

JRR-3のイメージング装置

イメージング装置の管理体制

- 装置責任者：栗田圭輔
- 装置担当者：飯倉寛
- 作業員：原山勲、小澤淳（派遣技術員）、松林政仁

管理・高度化に協力していただいている装置グループ

J-PARC 螺鈿グループ

- 篠原武尚
- 甲斐哲也
- 土川雄介

KUR NRGグループ

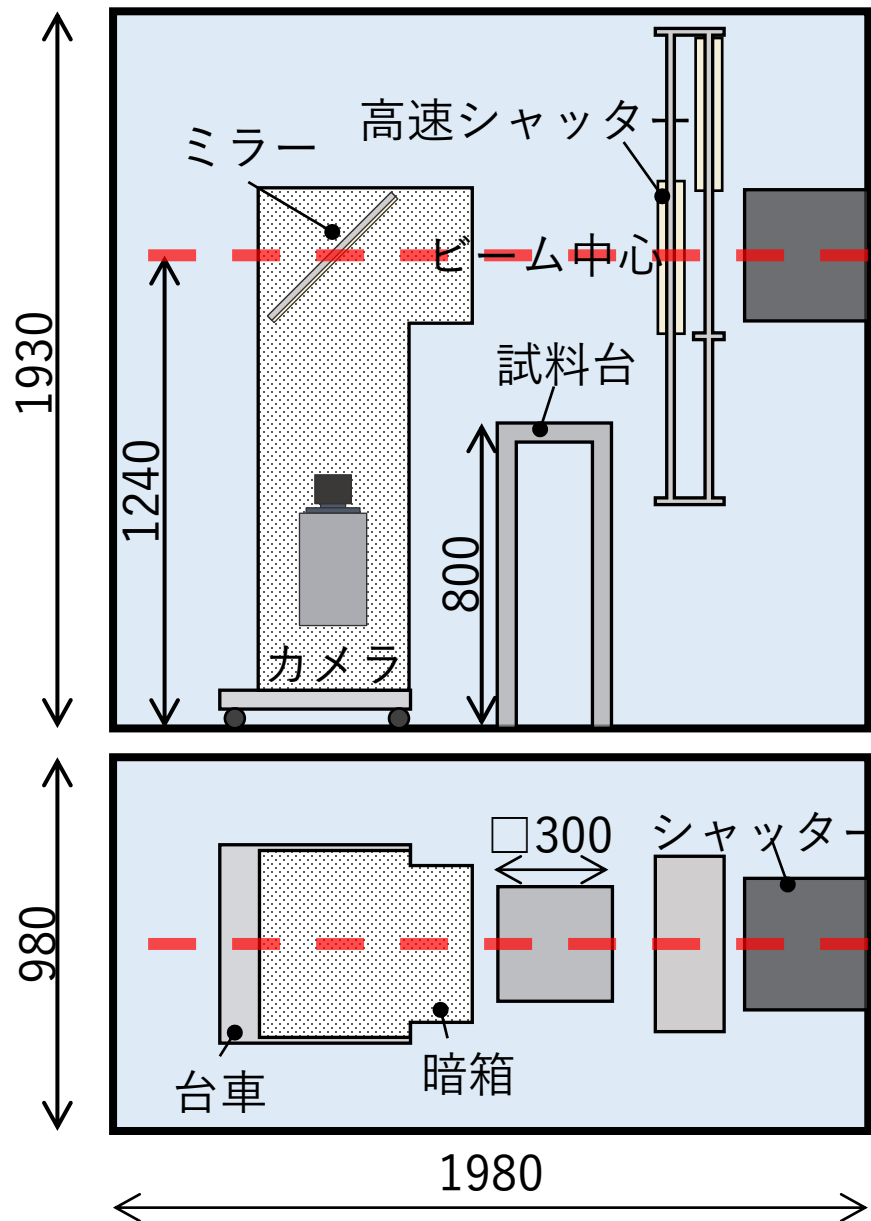
- 齊藤泰司
- 伊藤大介
- 大平直也

TNRFの外観



TNRFの概要

TNRFの撮影室



TNRFの概要

TNRFで利用可能なカメラ

◆ 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



TNRFの概要

TNRFで利用可能なカメラ

◆ 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)



◆ イメージインテンシファイア：C10880-03F (浜松ホトニクス)

- 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 : $1 \times 10^5 \text{ lm/m}^2$



TNRFの概要

TNRFで利用可能なカメラ（今後）

◆ CMOSカメラ：ORCA-Flash4.0 v3（浜松ホトニクス）

- 画素数 : 2048 × 2048
- 画素サイズ : 6.5 μm × 6.5 μm
- 受光面積 : 13.3 × 13.3 mm
- 濃度諧調 : 16 bit
- フレームレート : 100 fps
- レンズマウント : Cマウント



◆ イメージインテンシファイア：C16031-221-A1（浜松ホトニクス）

- MCP : 1枚
- ブースター : 1段
- 光電面 : GaAsP
- 最短ゲート時間 : 10 ns
- 映像増強度 : 2×10^6 lm/m²



TNRFの概要

TNRFで利用可能なレンズ

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

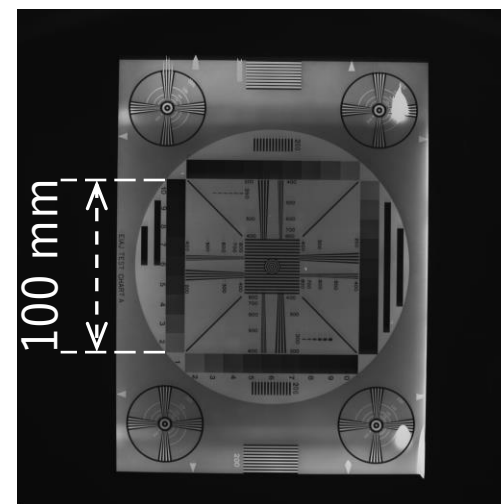


TNRFの概要

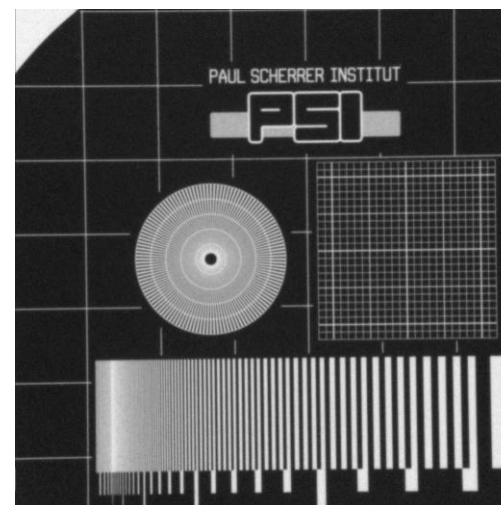
TNRFで利用可能なカメラ

レンズ	露光時間 [s]	視野 [mm□]	分解能 [μm]
58 mm (F=1.2)	0.5	約350	約300
85 mm (F=1.4)	0.75	約210	約280
105 mm (F=2.8)	2.5	約170 -260	約250
200mm (F=4.0)	6.0	約70 -120	約200

※輝度の減少傾向が認められており、
現在調査中



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

TNRFの概要

TNRFで利用可能なカメラ

◆ θ ステージ

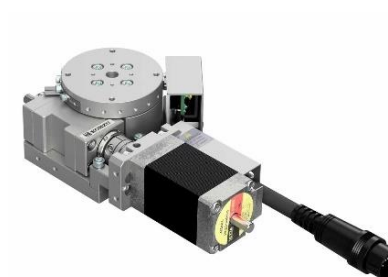
- RA16A-WH01 (神津精機)
 - テーブル面： $\Phi 158$ mm
(オプション： $\Phi 300$ mm, t=20 mmのアルミ台座)
 - 耐荷重：60 kg
- RA05A-W02 (神津精機) × 4 個
 - テーブル面： $\Phi 49$ mm
 - 耐荷重：4 kg

◆ Xステージ

- SGSP46-300 (シグマ光機)
 - 移動距離：300 mm
サンプルチェンジャーとして活用

◆ Zステージ

- ZA16A-32F01 (神津精機)
 - 移動距離：50 mm



TNRFの概要

その他の利用可能な設備

◆ 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

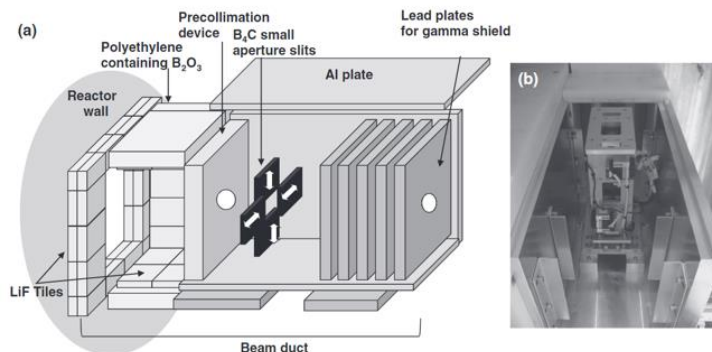
◆ 循環水

- 配管先端：カプラ8S
- 温度：常温

◆ 200Vソケット

- 容量：30 A×1, 20 A×1

◆ ピンホールコリメータ



その他の利用可能な設備

◆ ガスボンベ立て

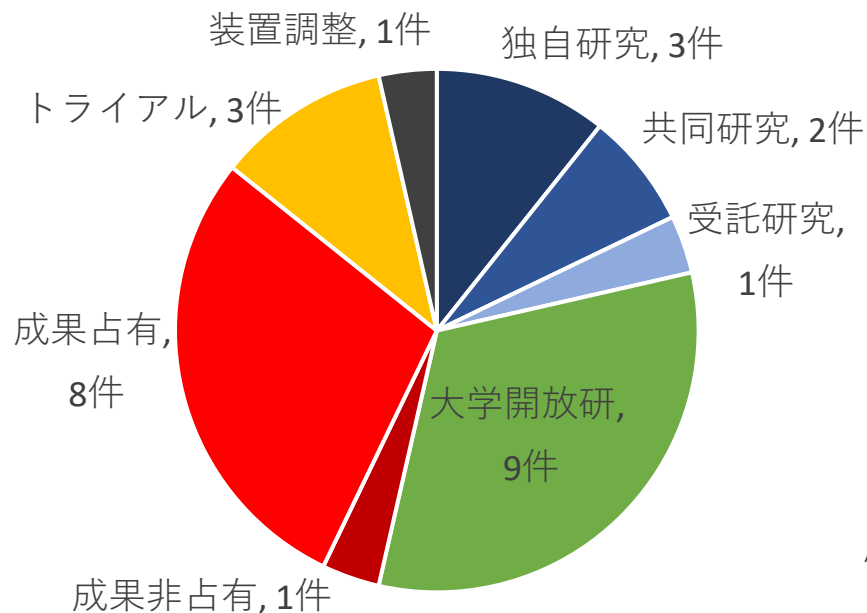
- 47L型2連×1
- 3.4L型ダルマ型×1



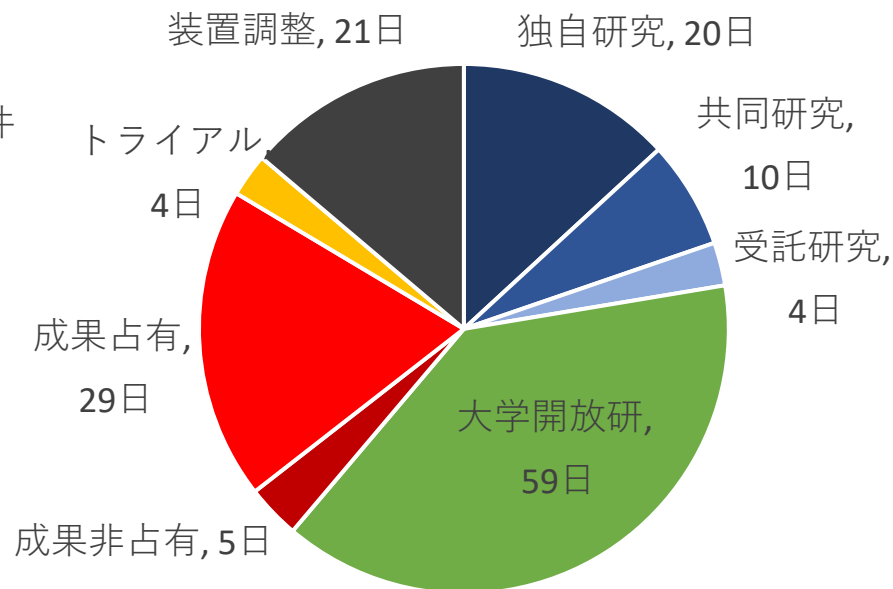
TNRFの利用状況

TNRFにおける昨年度の利用実績

課題件数 (計28件)



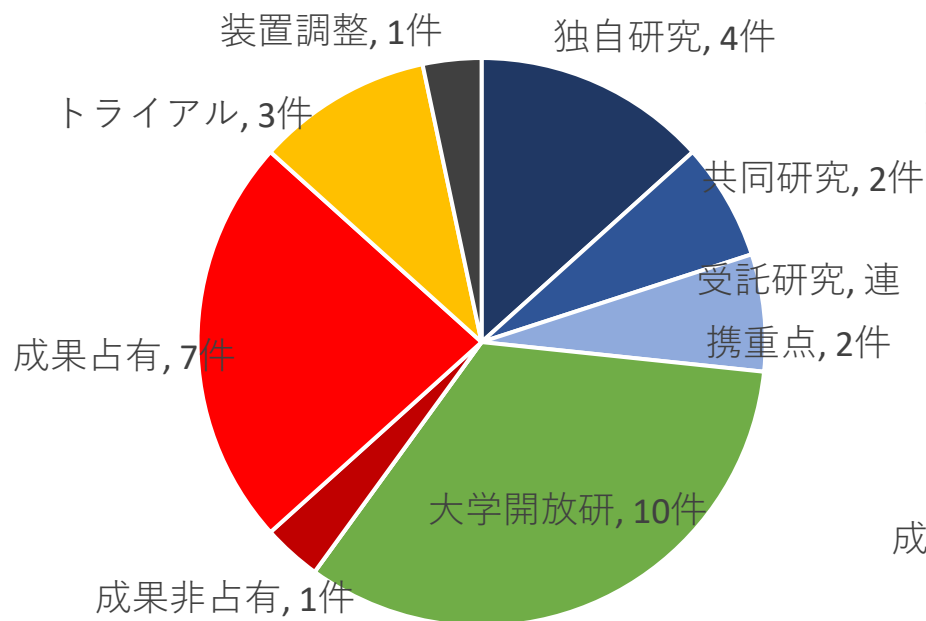
利用日数 (計152日)



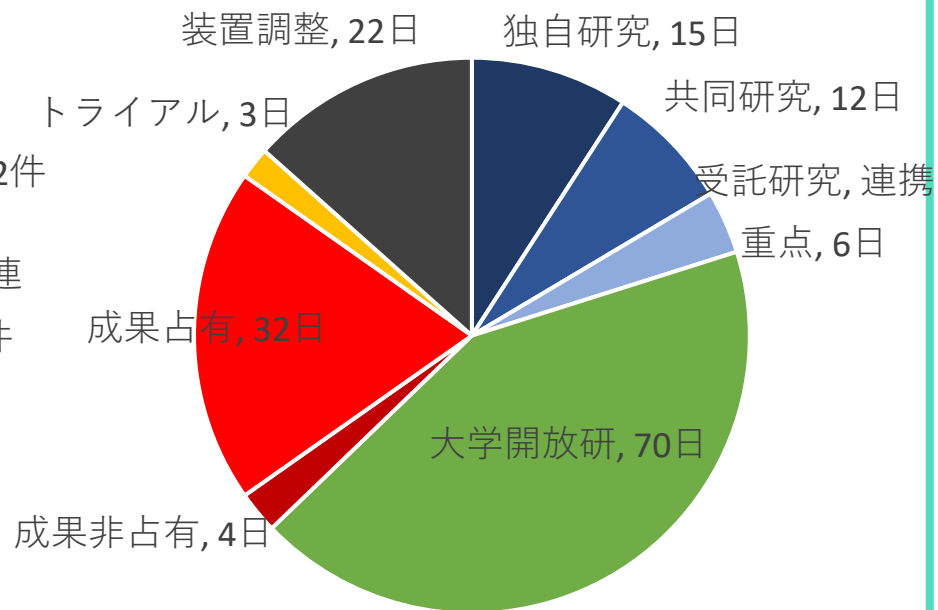
TNRFの利用状況

TNRFにおける今年度の課題採択状況

課題件数 (計28件)



利用日数 (計164日)



CNRFの概要

CNRFの現状

- ▶ ビームシャッターによるビームのON・OFFが可能
- ▶ IPによる撮影が可能
- ▶ 撮影室内のステージは利用可能



CNRFの今後の計画

◆計画目標：来年度中にCNRFでもCTや動画撮影を可能にする。

◆計画

- ピンホールコリメータ導入によるビームの質改善
- CMOSカメラ+イメージンテンシファイア+シンチレータを用いた撮影システムの導入
- カメラ及びステージ制御、画像解析のためのWindowsPCを導入

◆導入予定の撮影システム



CMOSカメラ：
ORCA-Flash4.0 v3



イメージンテンシファイア：
C16031-221-A1



暗箱

CNRFの利用状況

CNRFにおける昨年度の利用実績と今年度の課題採択状況

◆ CNRFにおける昨年度の利用実績

- 課題件数：6件
(装置調整×1, 独自×2, 共同×1, 大学開放研×1, 成果非占有×1)
- 利用日数：19日 (装置調整抜きで)
(独自研究×8, 共同研究×6, 大学開放研×4, 成果非占有×1)

◆ CNRFにおける今年度の課題採択状況

- 課題件数：7件
(装置調整×1, 独自×2, 共同×1, 大学開放研×2, 成果非占有×1)
- 利用日数：28日 (装置調整抜きで)
(独自研究×11, 共同研究×6, 大学開放研×8, 成果非占有×3)

来年度の予定

2025年度JRR-3供用運転スケジュール

- 運転スケジュールは未定（1月頃決定）

あくまで予定ですが… **4-6月、11月末-3月**に稼働

このため、**採択通知の送付前にスケジュールを調整する予定**
スケジュール調整へのご協力お願いいたします

2025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（開放研は10月中）
- 2024年5月に2次募集（後期追加分）の公募を予定
- 成果占有利用（トライアルユース含む）については随時申請可能

- 電気代の高騰に伴い、JRR-3の運転も影響を受けておりますが、施設供用の最大限の継続、装置利便性の向上に努めていきます。
- 装置を利用した成果発表に関して、装置担当者を共著に加えていただけると励みになり、大変ありがたいです。共著に入れていただく場合には、事前にご連絡ください。
- 成果占有等で装置担当者が共著に入らない場合でも、発表前にご連絡をいただくと助かります。
- TNRF・CNRFの装置論文が出版されました。
(DOI: 10.1088/1742-6596/2605/1/012005)
論文での引用にご利用ください。