

青森県量子科学センターにおける 中性子イメージング

青森県量子科学センター

徳永 透子

➤ 設立目的

原子力を含む幅広い量子科学分野の人材育成および研究開発に貢献する。

➤ 歴史

年月日	できごと
2013年3月15日	青森県原子力人材育成・研究開発拠点計画 策定
2014年7月25日 ～2015年3月20日	青森県原子力人材育成・研究開発拠点施設(仮称)設計
2015年12月11日	青森県原子力人材育成・研究開発拠点施設(仮称)着工
2017年3月20日	青森県量子科学センター 完工
2017年6月12日	青森県量子科学センター サイクロトンシステム初稼働
2017年9月29日	青森県量子科学センター診療所 開設許可
2017年10月1日	青森県量子科学センター 開設
2018年4月1日	青森県量子科学センター 指定管理開始

まだまだ新しい
施設です

- 敷地面積: 12,000 m²
(駐車台数50台)
- 職員数: 10名
(研究推進グループ: 4名)



➤ サイクロトロンと各主要装置の全体図



➤ QSCの主な研究

- (1) PET(Positron Emission Tomography)臨床・基礎研究
- (2) ホウ素中性子捕捉療法(BNCT; Boron Neutron Capture Therapy)
- (3) 中性子イメージング(NRT; Neutron Radiography Testing)
- (4) 粒子線励起X線分析(PIXE; Particle Induced X-ray Emission)

➤ サイクロトロン〔住友重機械工業製: HM-20V〕

サイクロトロンの仕様

加速粒子	ビームエネルギー (MeV)	最大ビーム電流 (μ A)
陽子	14 20	100
重陽子	10	50

NRTでは通常、陽子20MeVビームを
電流値20~50 μ Aの条件で照射する。

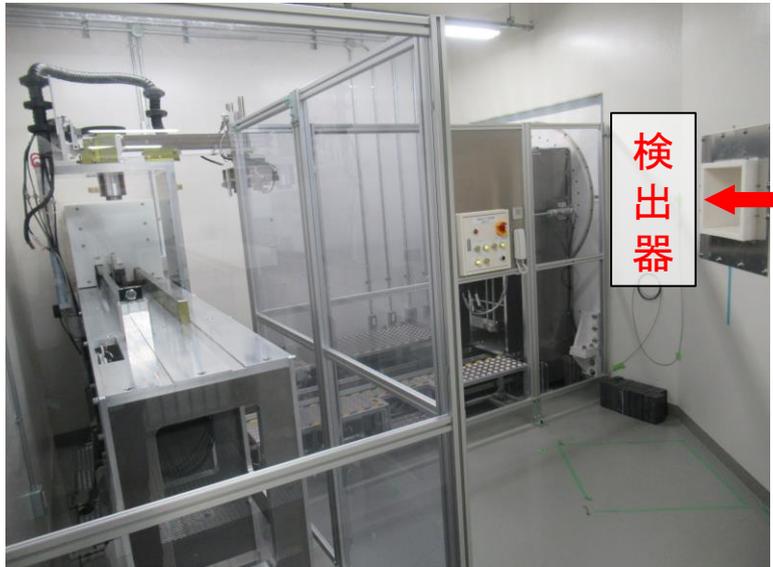
サイクロトロン外観



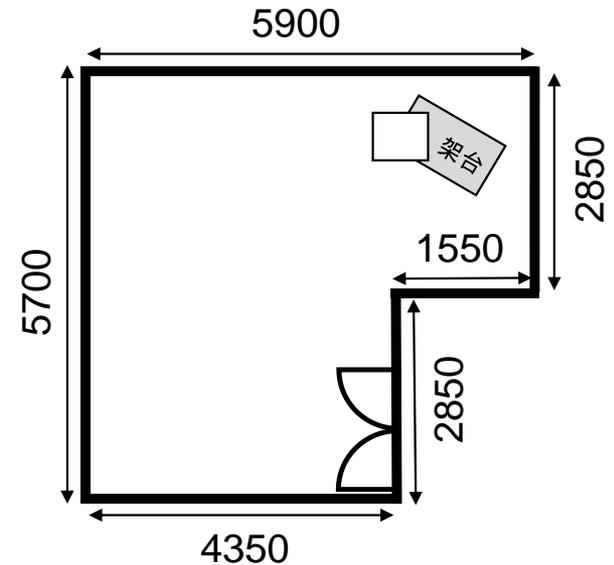
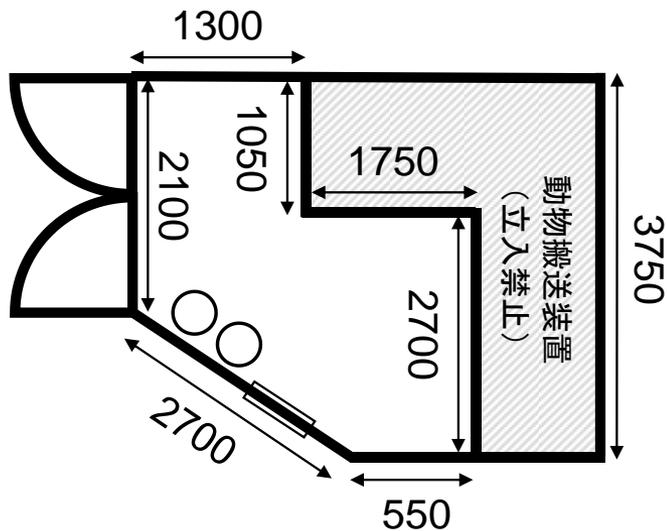
試料を上から撮影する**垂直ポート**と、横から撮影する**水平ポート**がある



■ 水平ポート



■ 垂直ポート



➤ 照射場での中性子束

- 熱中性子束〔熱中性子 < 0.5 eV〕
水平・垂直ポート: 6×10^5 (n/cm²/s)

➤ 照射場での中性子成分の割合 (垂直ポート(Gdコンバータ使用))

┌	熱中性子成分:	60.2%
	散乱中性子成分:	1.4%
	ガンマ線成分:	4.3%

➤ コリメータ比

- $L/D = 44$

L: ターゲットから照射野までの距離、 D: ターゲットの直径

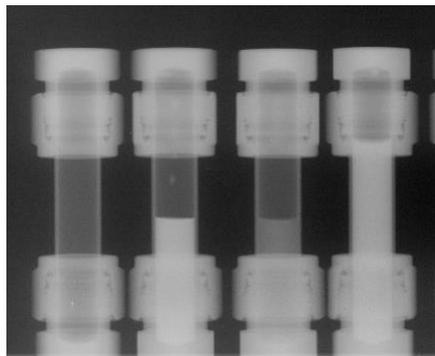
➤ 検出器

- イメージングプレート(IP)
イメージングエリア寸法: 17インチ × 14インチ (約 43 cm × 35 cm)
- フィルム
フィルム寸法: 17.2 cm × 10.5 cm (応相談)
- (カメラ)(整備中)

➤ 特徴

- 画像をデジタルデータとして取得できる。
- 撮像が簡便。

➤ 撮像例



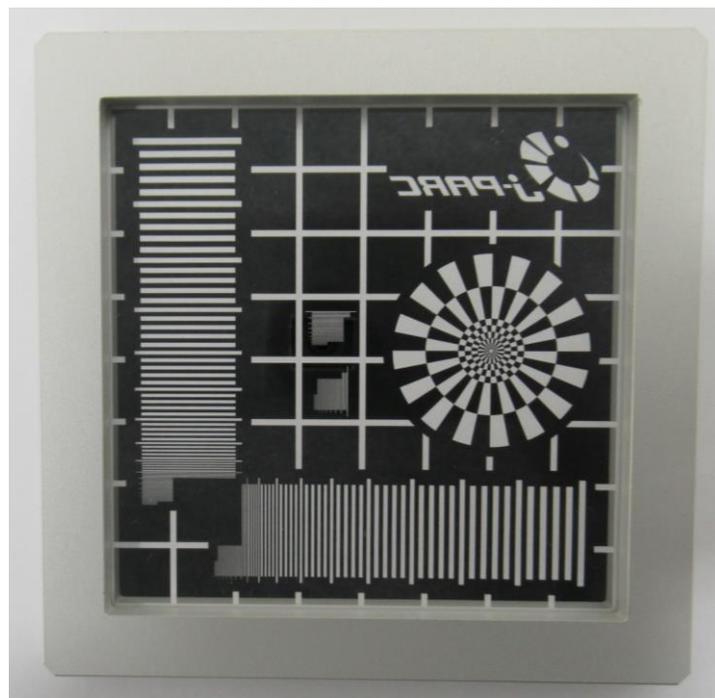
コマツナ、トルコききょう



1枚の撮像時間(例): (照射時間(20 μ A, 15 mC))約12分+(スキャン時間)約23分

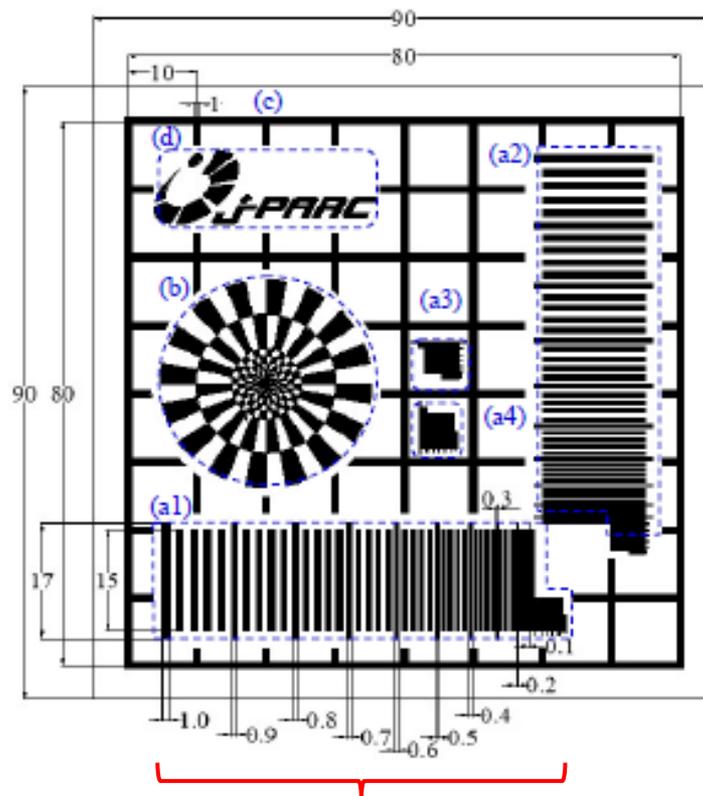
J-PARC様からインジケータをお借りして、解像度の評価を行った。

➤ インジケータ外観



10 mm

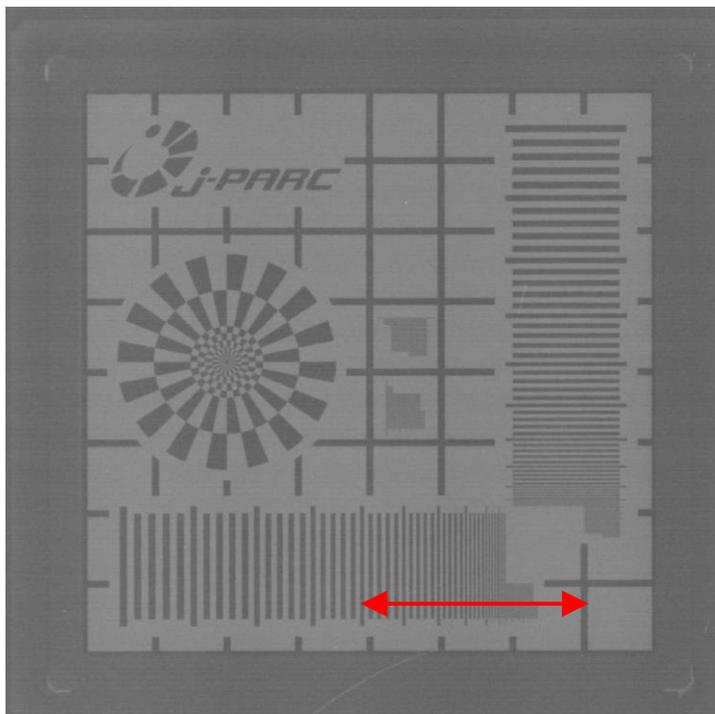
➤ インジケータ寸法¹⁾



1.0, 0.9, 0.8, 0.7, 0.6, 0.5, 0.4, 0.3, 0.2, 0.1, 0.09, 0.08, 0.07, 0.06, 0.05, 0.04, 0.03, 0.02, 0.01 mm
の幅の線が10本ずつ存在する(白と黒が各5本)。

¹⁾ M. Segawa, et al., Proc. Int. Conf. Neutron Optics JPS Conf. Proc., 22, 011028 (2018).

➤ NRT像

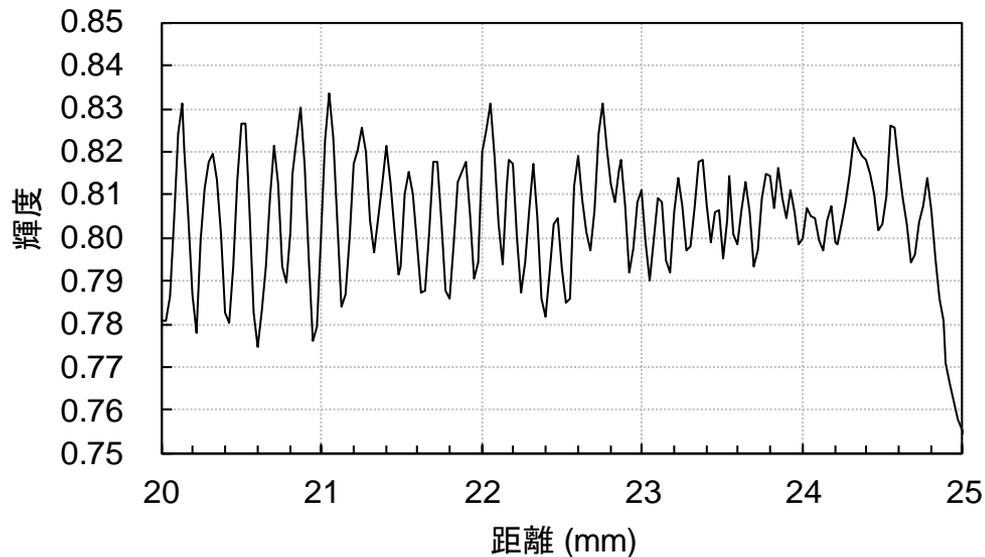
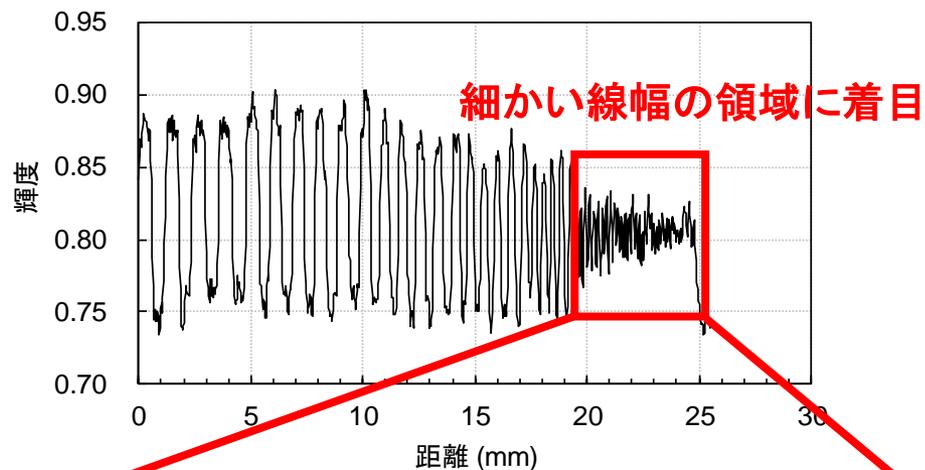


線幅0.6 mm-0.01 mmにおける
輝度分布から解像度を評価した

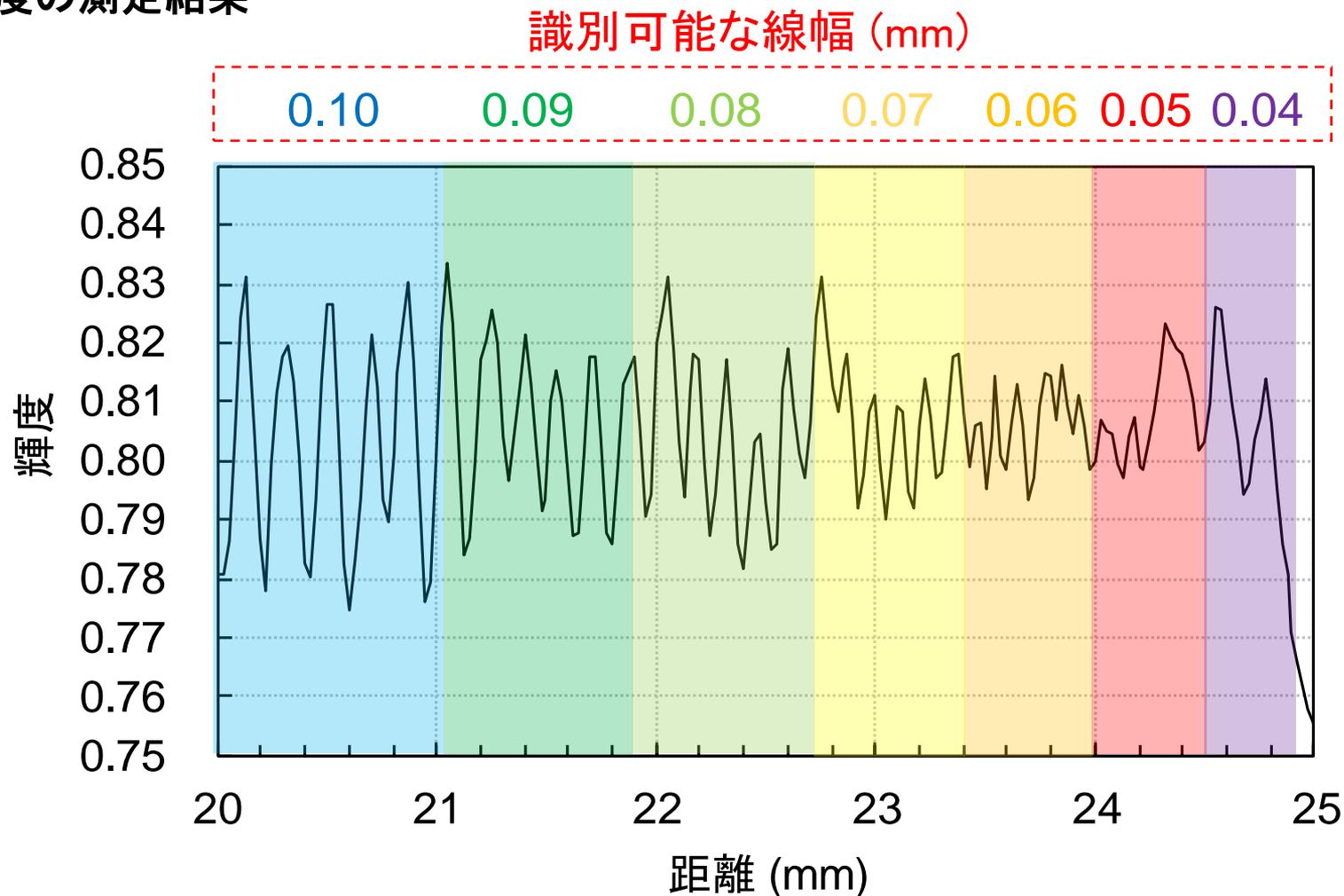
※ 照射条件

電流量	照射量	スキャンPixelサイズ
20 μ A	15 mC	25 μ m

➤ 輝度の測定結果



➤ 輝度の測定結果



60 μ mの解像度を持つ。

➤ 特徴

- 画像をアナログデータとして取得できる。
- 高い解像度での撮像が可能。

《これまで》

自動現像機による現像



少量の撮像には対応できない

《現在》

手作業による現像



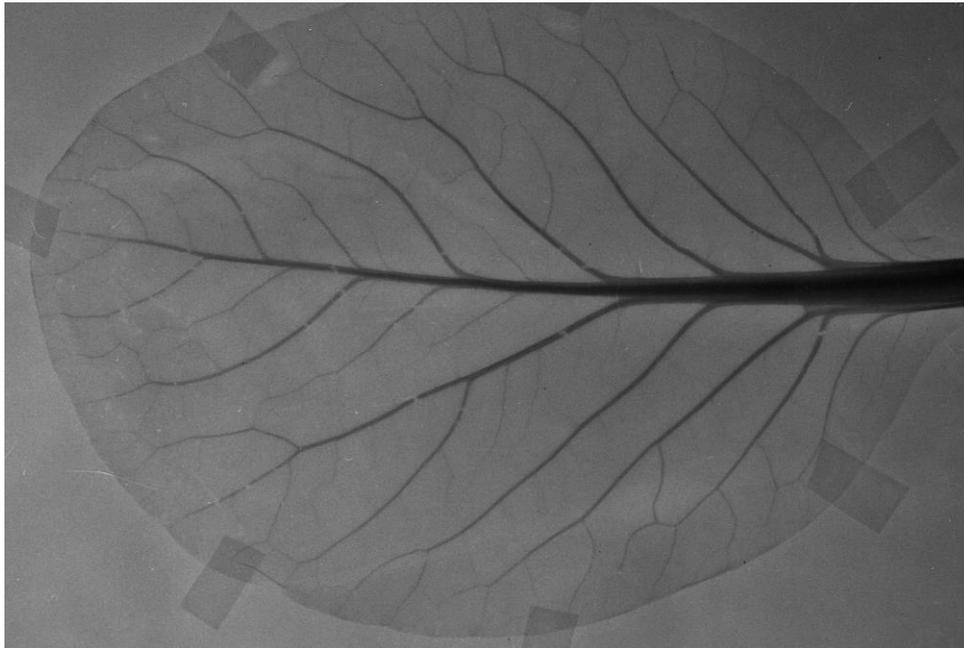
少量の撮像にも対応可能

ASTM E545 Category III 合格
空間分解能 … 12.7 μm

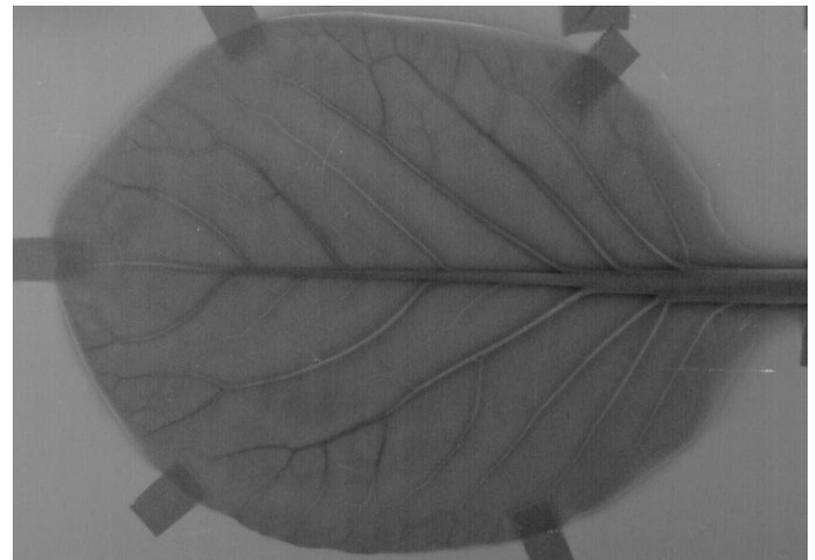
➤ 撮像例 (コマツナ)

フィルムでの撮像

1枚の撮像時間(例):
(照射時間(50 μ A, 90 mC))約15分+(現像時間)約30分
※サイクロترون室への入室まで30分程度



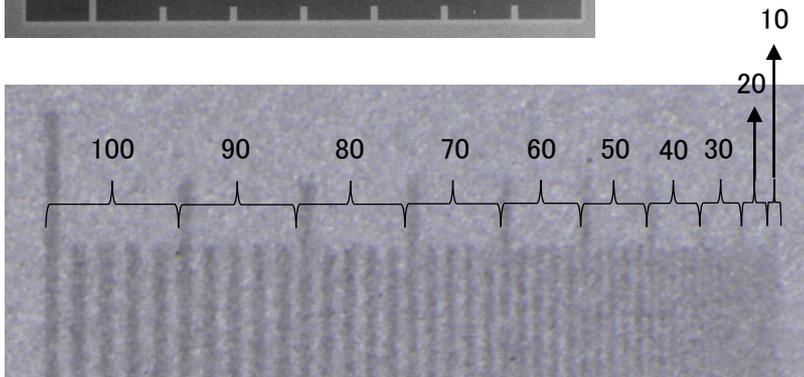
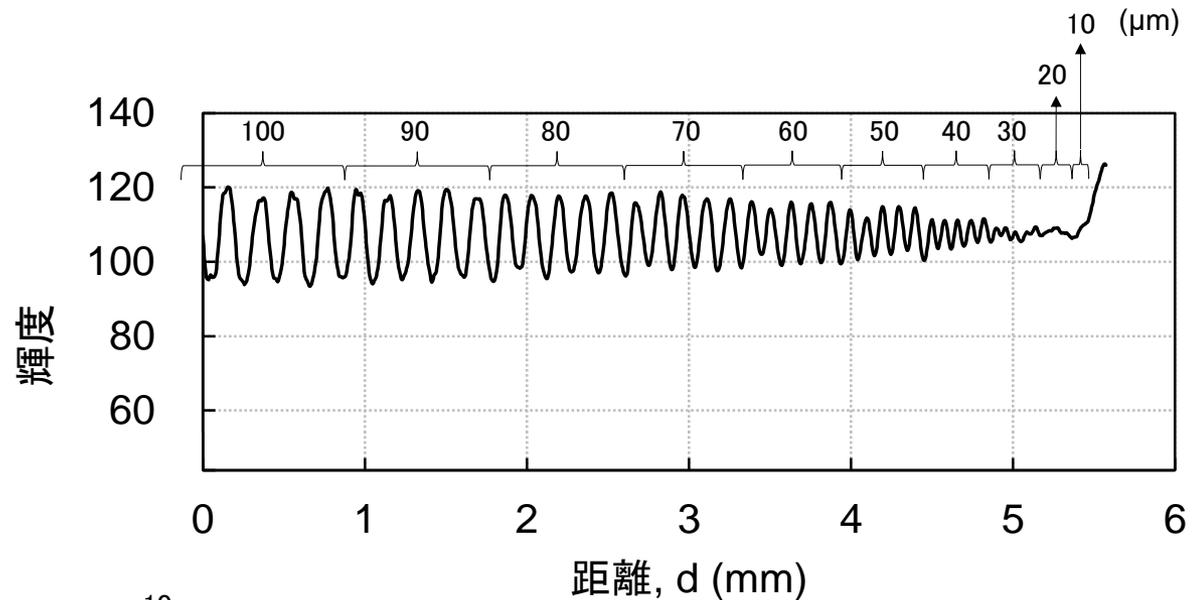
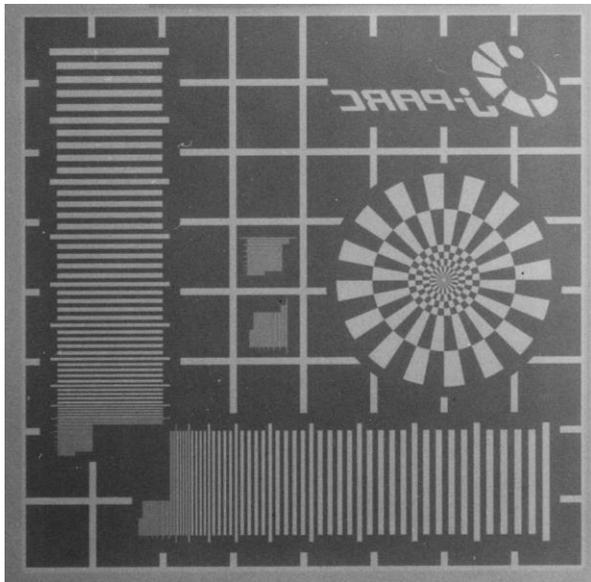
IPでの撮像



IPよりも鮮明な撮像が可能

解像度の評価（フィルム）

➤ 撮像例（電流量: 50 μ A, 照射量: 45 mC）



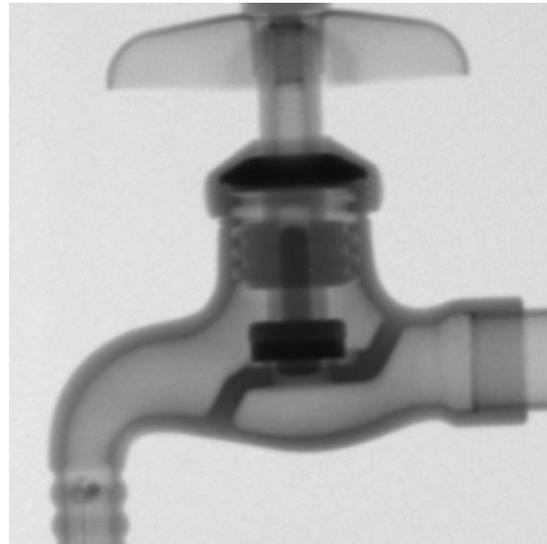
30 μ mの解像度が得られた。

J-PARC様からカメラをお借りして、QSCによるカメラ撮像を実施。
将来的にはカメラによる撮像依頼も受ける予定。

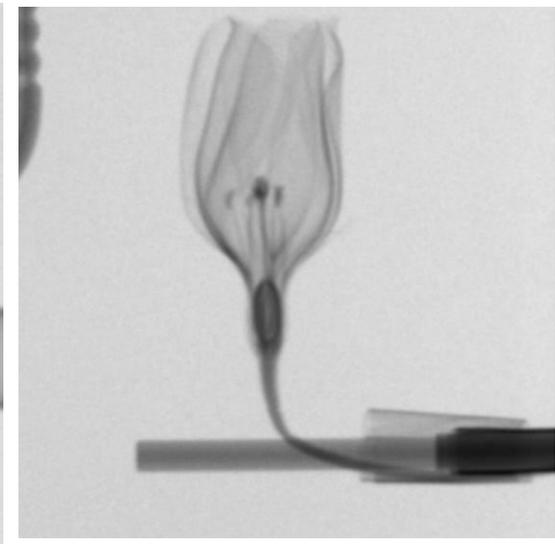
- カメラ: C-MOS (C13440-20CU01; 浜松ホトニクス株式会社)
- レンズ: 50 mm
- シンチレーター: ZnS (厚さ: 300 μm) (PSI製)
- 画角: 10 mm \times 10 mm (実画角: 81 mm \times 81 mm)
- 冷却方式: 水冷
- 画像取得: HiPicソフトウェア

➤ 撮像例

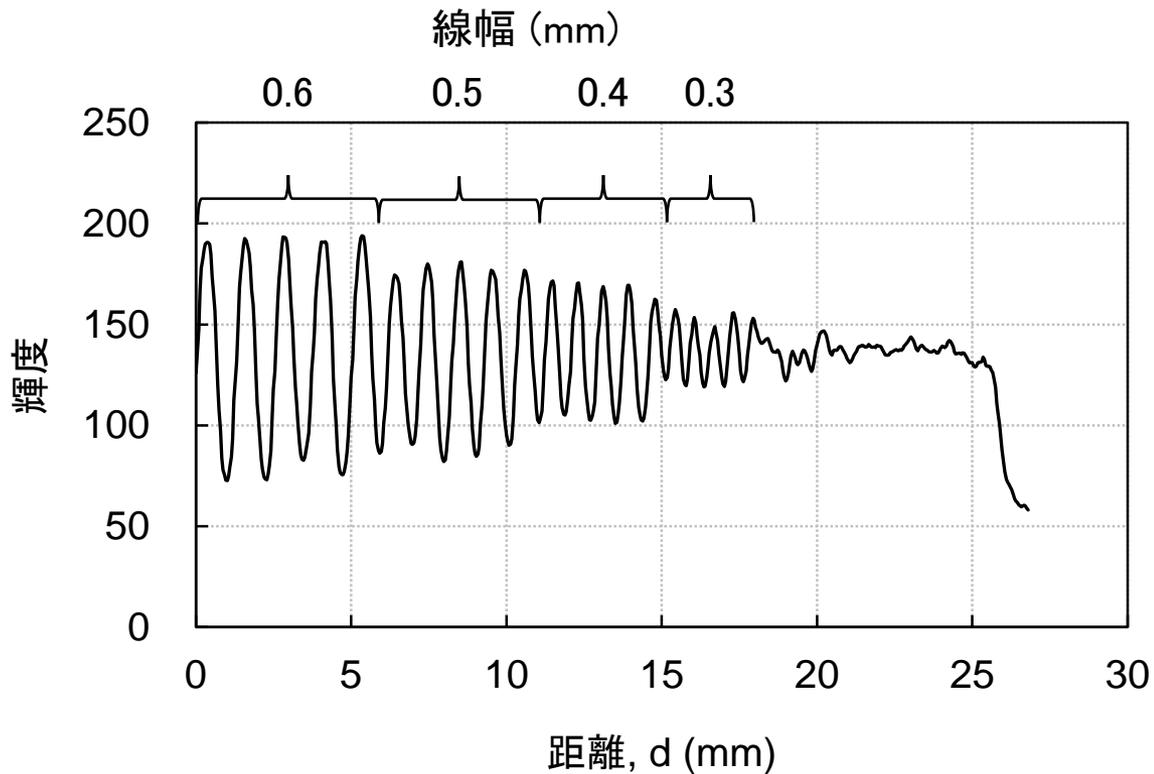
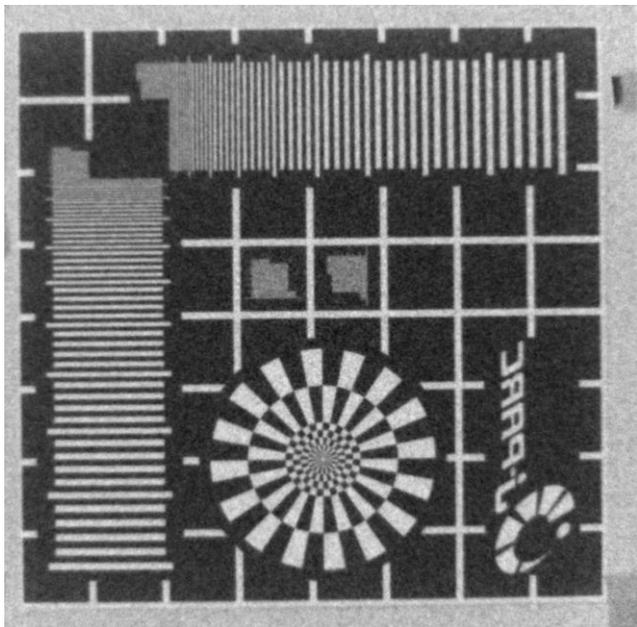
蛇口



トルコききょう



インジケータ



《撮像条件》

電流量: 20 μ A

露光時間: 10 s

ループ数: 50 回

300 μ m程度の解像度を得られる。

- QSCのNRTビームラインでは、イメージングプレート、フィルムを用いた撮像が可能。カメラによる撮像も予定している。
- イメージングプレートを用いた撮像では60 μm 、フィルムを用いた撮像では30 μm 程度の解像度を実現した。カメラを用いた撮像では、300 μm 程度の撮像を実施することが可能であった。

ご意見・ご要望、試し撮りサンプルを募集しております。