

ITER周辺トムソン散乱計測装置用光学素子の耐放射線性 Radiation hardness of optical elements for ITER edge Thomson scattering system



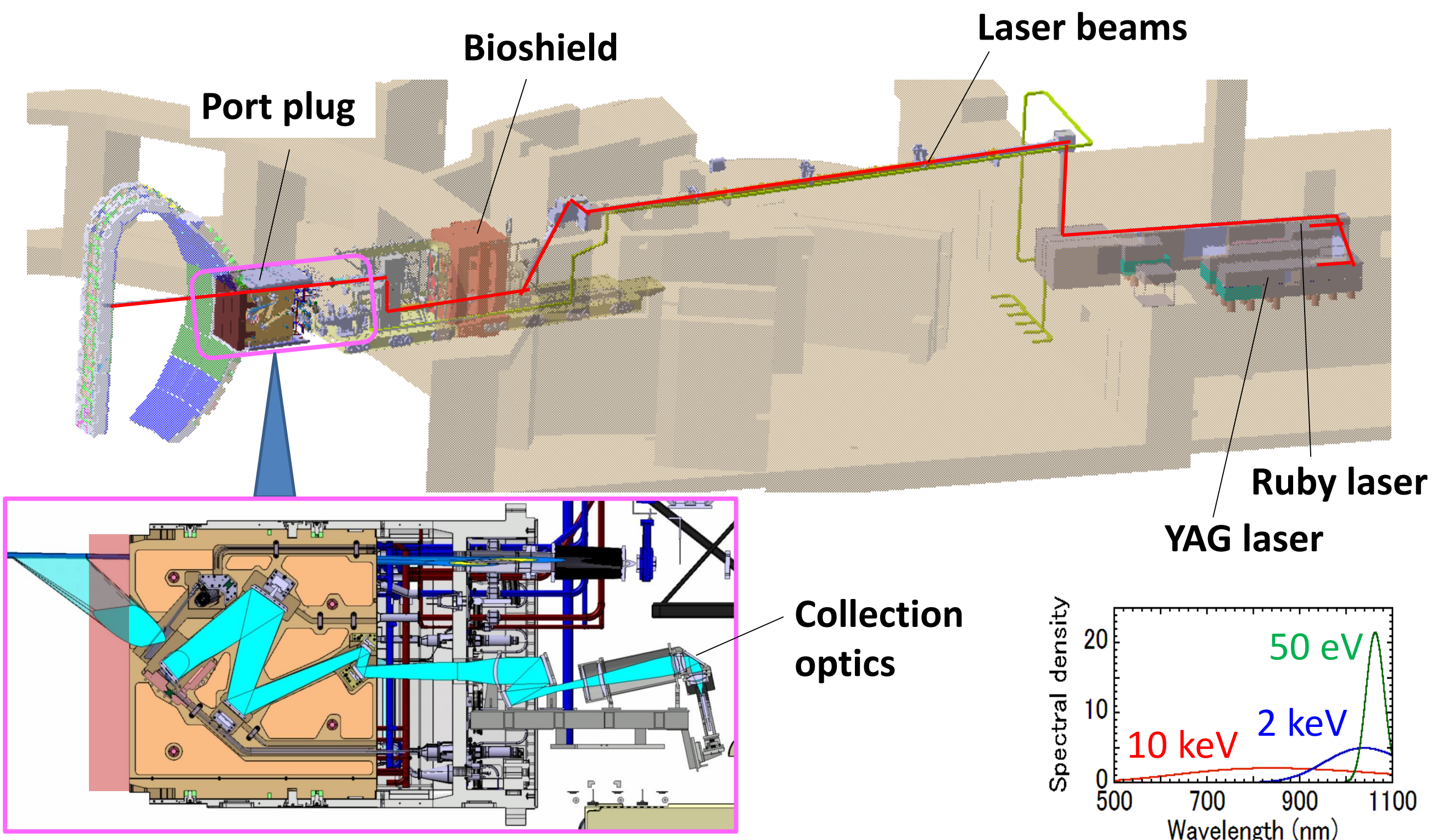
谷塚英一, 鳥本和弘, 石川正男, 波多江仰紀

Eiichi Yatsuka, Kazuhiro Torimoto, Masao Ishikawa and Takaki Hatae

量子科学技術研究開発機構 National Institutes for Quantum Science and Technology

1. 背景及び目的

1.1 ITER周辺トムソン散乱計測装置 (ETS)



- ✓ 計測用レーザー: YAGレーザー基本波 (波長1064 nm)
- ✓ 光学系のその場較正用レーザー: ルビーレーザー (波長694 nm)
- ✓ レーザーは計測建屋からトカマク装置へ伝送
- ✓ 波長590-1070 nmのトムソン散乱光を分光して電子温度・密度を測定
- ✓ ポートプラグと生体遮蔽の間 (インタースペース) で、光学素子がMGyオーダーのガンマ線、 10^{15} cm^{-2} (1MeV Si相当) 程度の中性子フルエンスにさらされる。

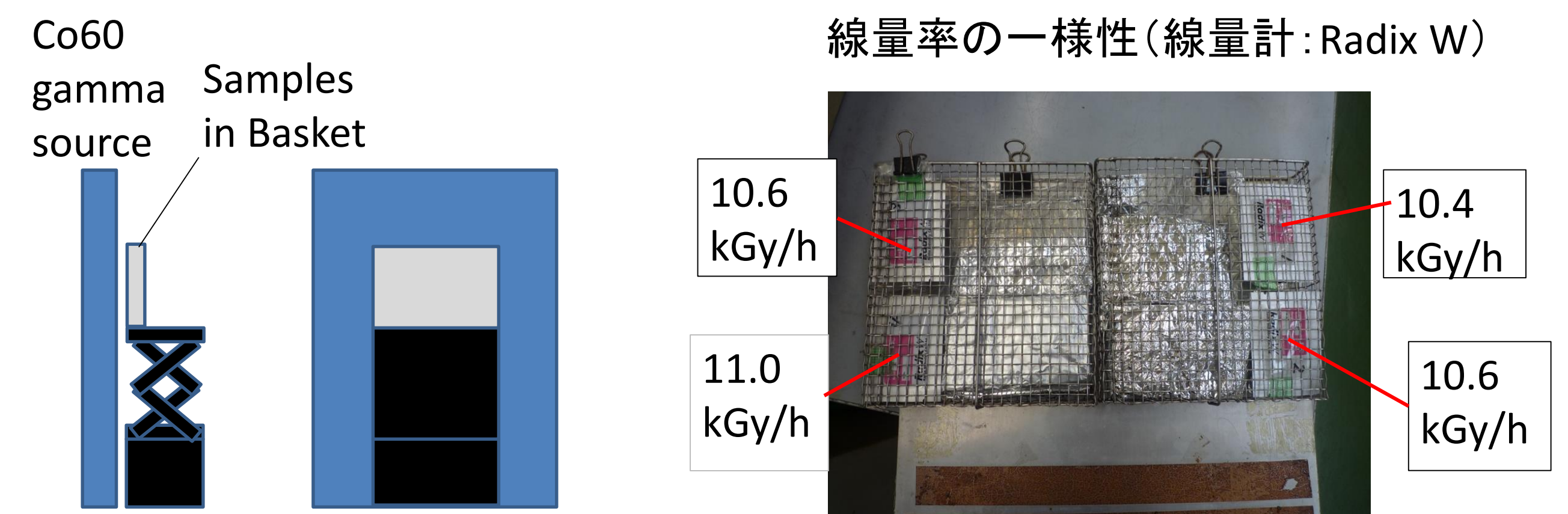
1.2 目的

ETS用の光学素子がITERの放射線環境で使用可能か検証する

- 高出力レーザー用真空窓及び誘電体ミラーに対する、ガンマ線・中性子照射後の透過率及びレーザー誘起損傷閾値 (LIDT) の変化について評価
- 合成石英及びその他の色収差補正用耐放射線性ガラスに対するガンマ線・中性子照射後の透過率の変化について評価
- ポラライザのガンマ線・中性子照射後の性能について評価

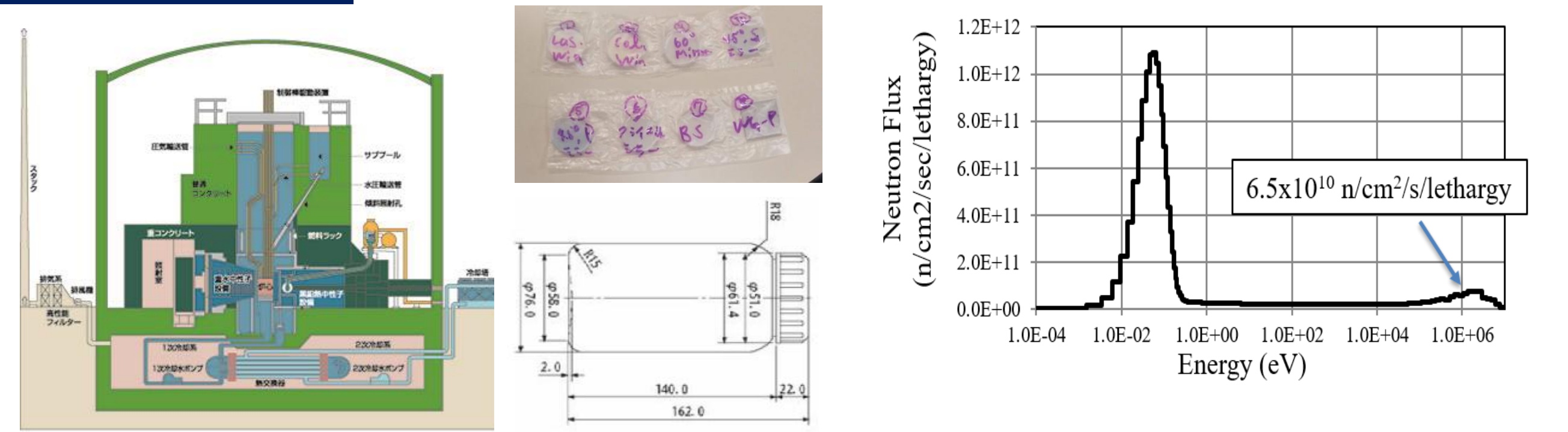
2. 実験方法

2-1. ガンマ線照射



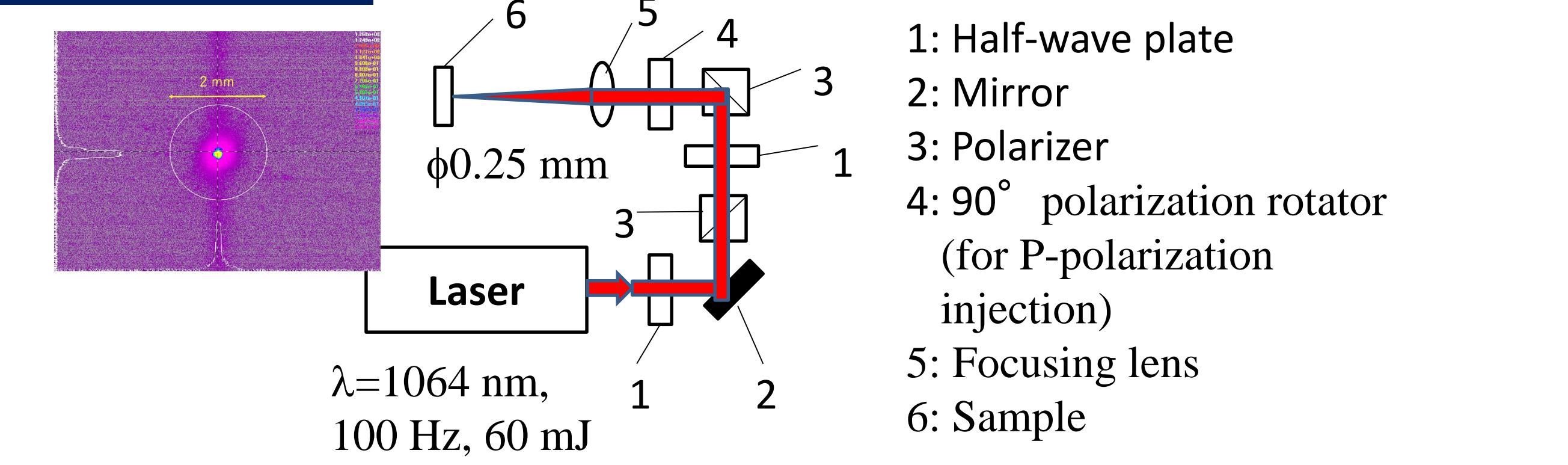
- ✓ QST高崎研のコバルト60ガンマ線照射施設でガンマ線照射。
- ✓ 線量率約10 kGy/h、最大総線量10 MGyで実験
- ✓ 25 mm程度の寸法のサンプルをアルミ箔で包んで照射、温湿度管理無し

2-2. 中性子照射



- ✓ 京都大学研究用原子炉 (KUR) の傾斜照射孔で中性子照射
- ✓ 試料はビニールで密封し、ポリエチレン容器に格納
- ✓ 高速中子を最大 $6 \times 10^{15} \text{ cm}^{-2}$ (総中子は $6 \times 10^{16} \text{ cm}^{-2}$) 照射

2-3. レーザー照射



項目	ITER	本研究
繰返し率	100 Hz	100 Hz
パルス幅	4 ns	8.4 ns
ビーム径	45-58 mm	0.25 mm
入射パルス数	2×10^9	6×10^3
入射エネルギー密度	0.3 J/cm^2	$5\text{-}20 \text{ J/cm}^2$

✓ パルス幅: ナノ秒パルスレーザーのパルス幅に対するLIDT依存性は、 $\tau^{1/2}$ 。パルス幅の違いを考慮すると、ITERでは、本研究で得られたLIDTよりも0.7倍に補正が必要

✓ ビーム径: 0.1 mm以上ならLIDTへの依存性はあまりない

✓ パルス数: 減反射 (AR) コートの多パルスLIDTは数100パルス程度で低下が飽和

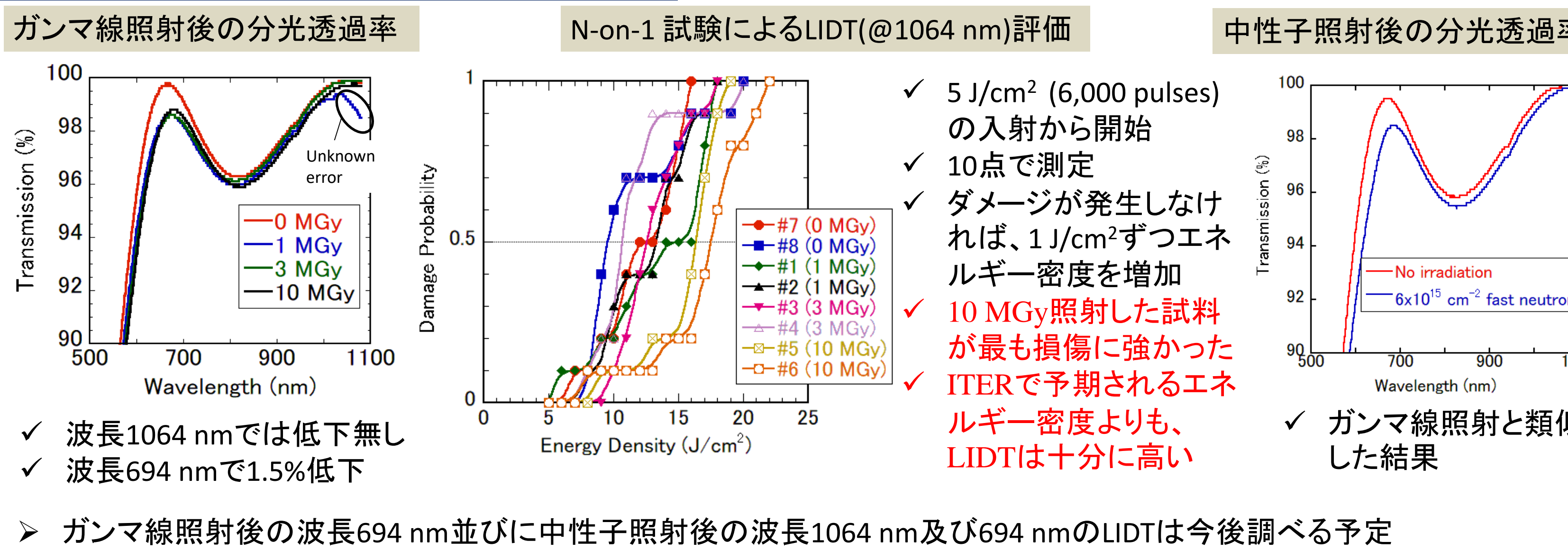
結論

ITER周辺トムソン散乱計測用の光学素子に対して、ITERで想定されるガンマ線及び中性子を照射し、問題なく使用できる見通しの光学素子を明らかにするとともに、いくつかの素子については課題を抽出

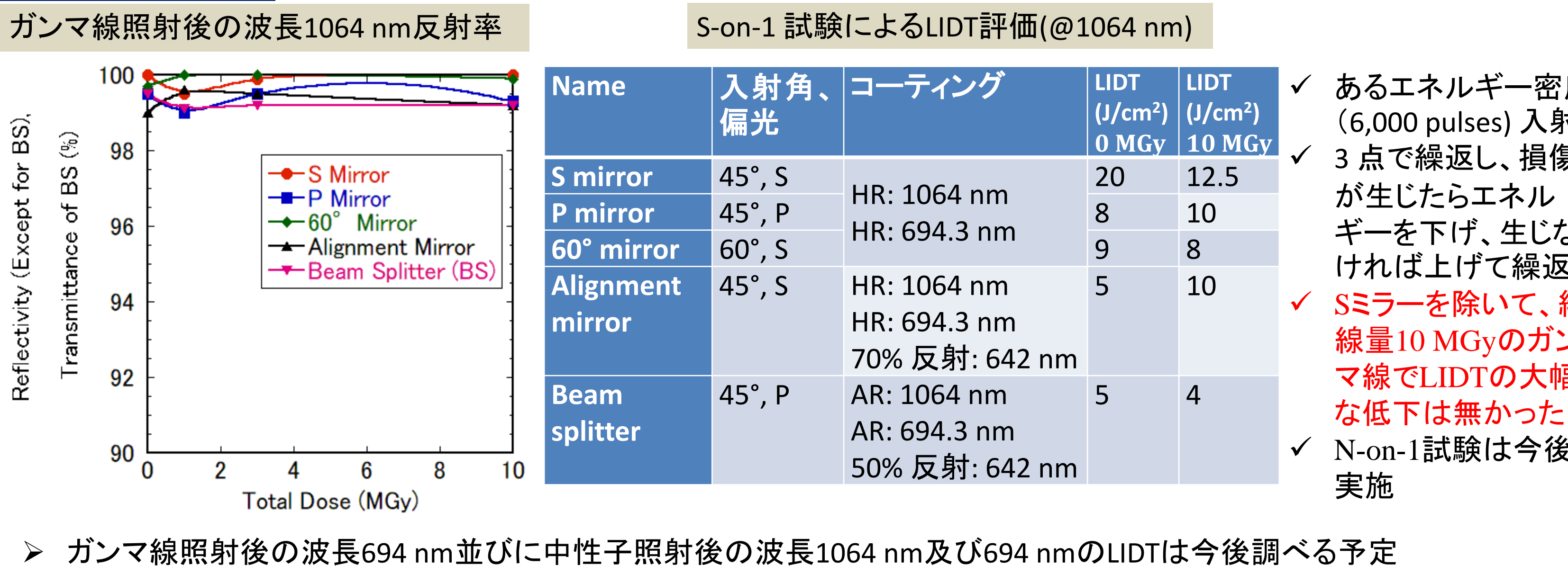
- 高出力レーザー用減反射コート付き基板及び誘電体ミラー: 波長1064 nmで透過率・反射率の劣化はほとんどない。ガンマ線照射後の1064 nmに対するLIDTも良好。ただし、中性子照射後のLIDTと波長694 nmに対するLIDTは今後測定予定。
- 集光光学系用減反射コート付き基板: 合成石英では透過の劣化は数%程度。耐放射線性ガラスは種類により異なるが、SF6G05では波長600 nm以上でほとんど性能の低下は無かった。
- ポラライザはソーラボ社製の合成石英基板ワイヤーグリッドポラライザが有望。中性子照射後の性能測定は今後行う。

3. レーザー用光学素子の耐放射線性

3-1. レーザー波長ARコート合成石英基板窓

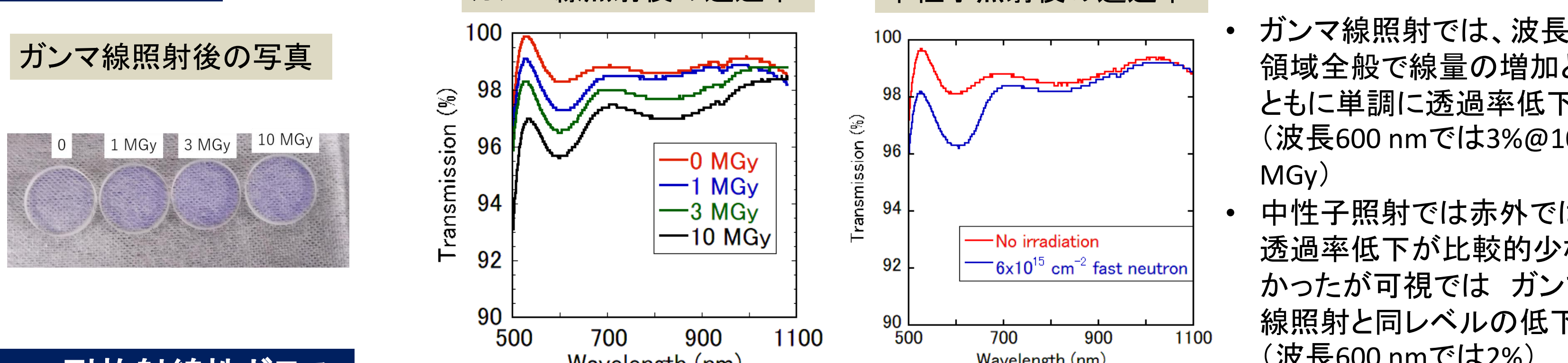


3-2. 誘電体ミラー

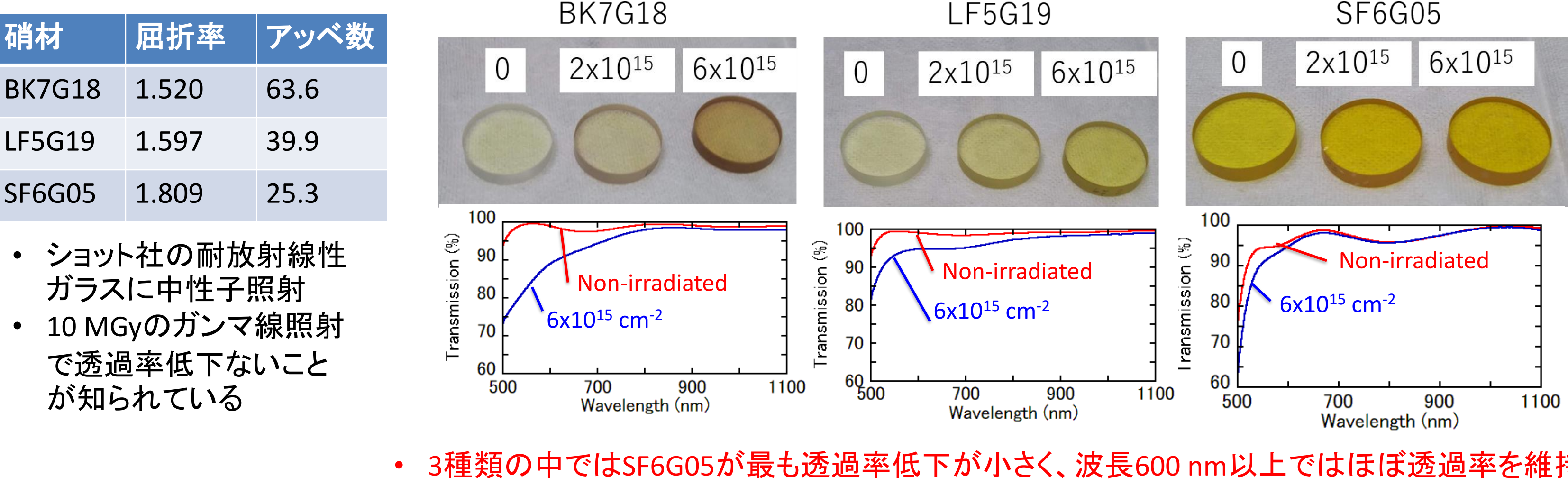


4. 集光光学系用広帯域ARコート付き硝材の耐放射線性

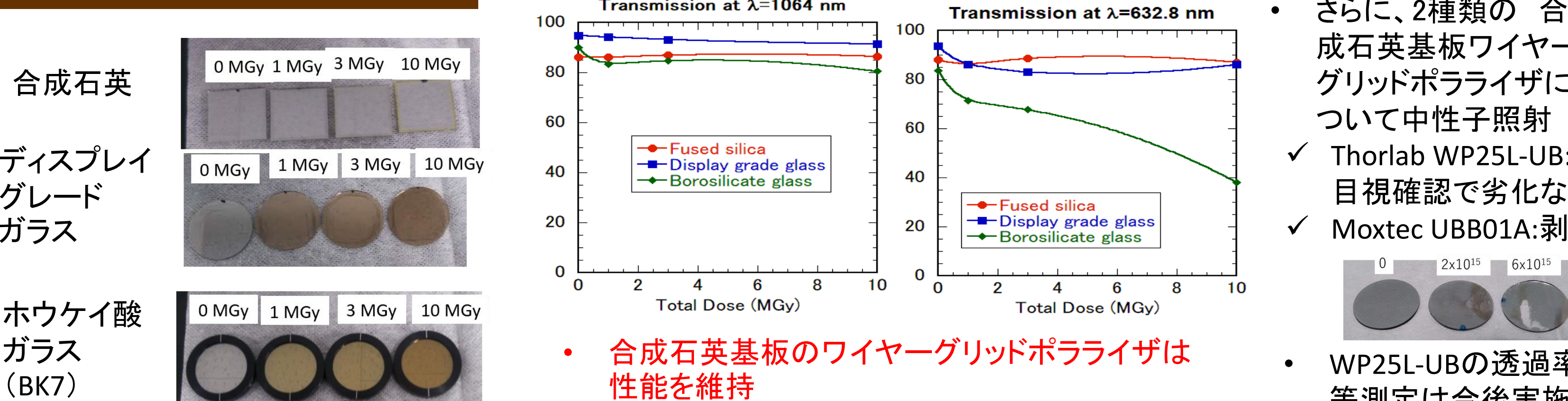
4-1. 合成石英



4-2. 耐放射線性ガラス



5. ポラライザの耐放射線性



• 本研究は、量研機構高崎量子応用研究所共同利用研究 (課題番号: 19C14、課題名: ITER計測機器の放射線照射実験) 及び京都大学複合原子力科学研究所共同利用研究 (採択番号: 31167、課題名: ITER用計測機器の健全性評価のための中性子照射試験) に基づき実施した。

• The views and opinions expressed herein do not necessarily reflect those of the ITER Organization.