

研究の背景と目的

- 核融合実験炉 ITER のための遮蔽ブランケット保守ロボットの開発に取り組んでいる。
- ブランケットの交換に際して冷却配管を溶接する必要がある、遠隔での配管溶接作業に必要な諸ツールの開発を進めている。
- 一連の保守作業には、溶接ツールに加えて精度よい開先合わせを実現するための開先合わせツールが必要。溶接前後の確認のため観察ツールも不可欠である。

まとめ

- ITER ブランケット遠隔保守用の溶接ツールの施工条件を明確化した。ビーム径が1.2 mm 程度になるようデフォーカスが必要。ガス種はヒューム低減の観点から He が有利。
- 今回考案した開先合わせツールを用いて必要な開先合わせ精度を得られることを検証した。
- 近赤外線光を用いた観察ツールを試作し、鮮明な画像を得るための照明方法を確立した
- 今後の課題
 - ◆ガンマ線照射下での光学系の健全性の確認。
 - ◆観察ツールによる開先合わせ精度の定量化、ギャップと目違いの分離方法の検討。
 - ◆ブランケットのモックアップを用いたデモ試験を実施し、一連の溶接プロセスを検証する。

ブランケットの構造と配管諸元

ブランケット配管諸元

項目	値
材料	316L
内径	42.7 mm
厚さ	2.77 mm
最大中性子照射量	3.4 dpa

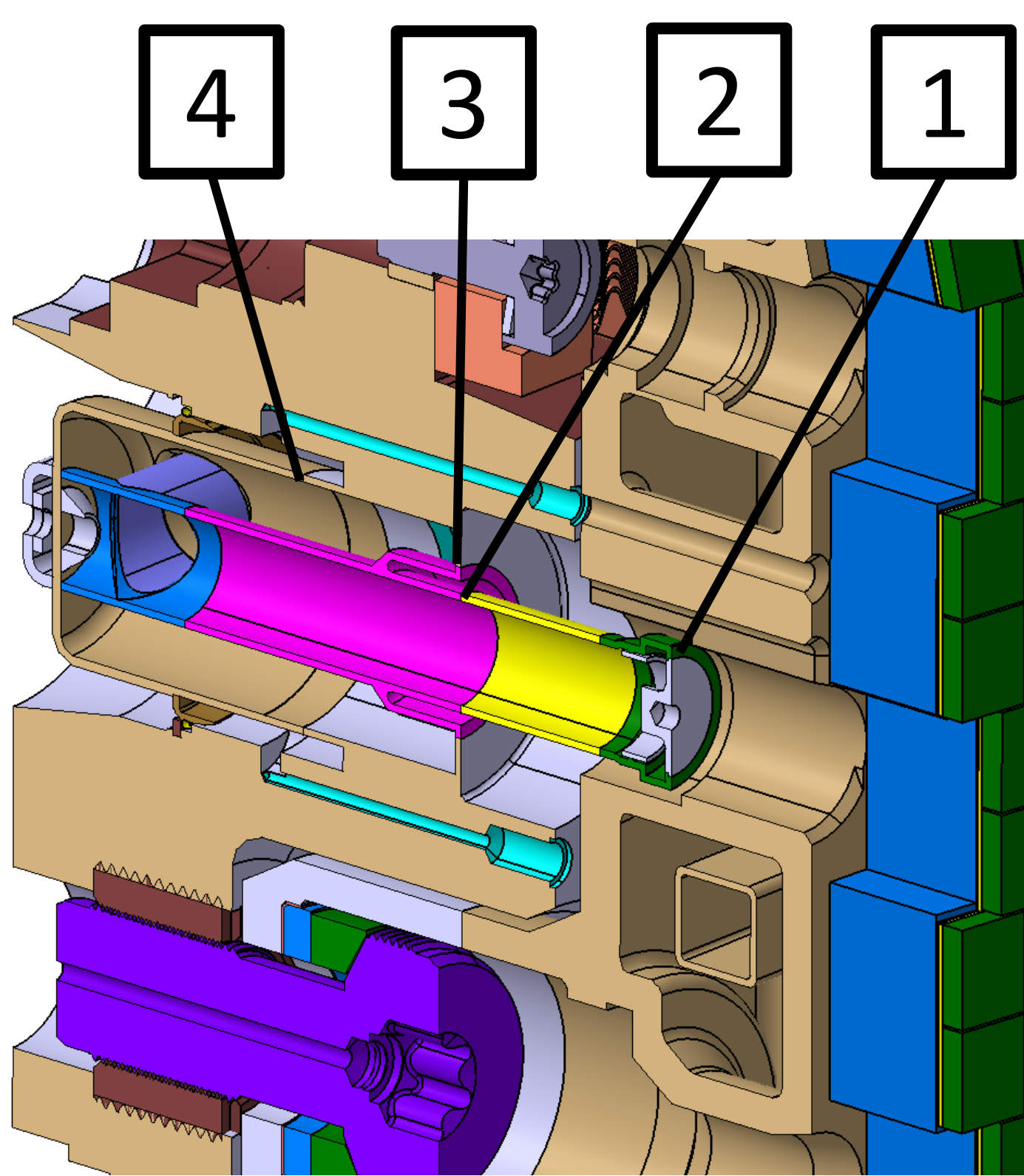
遮蔽ブロック(SB)

第一壁(FW)

冷却配管接続部

冷却配管アクセス孔

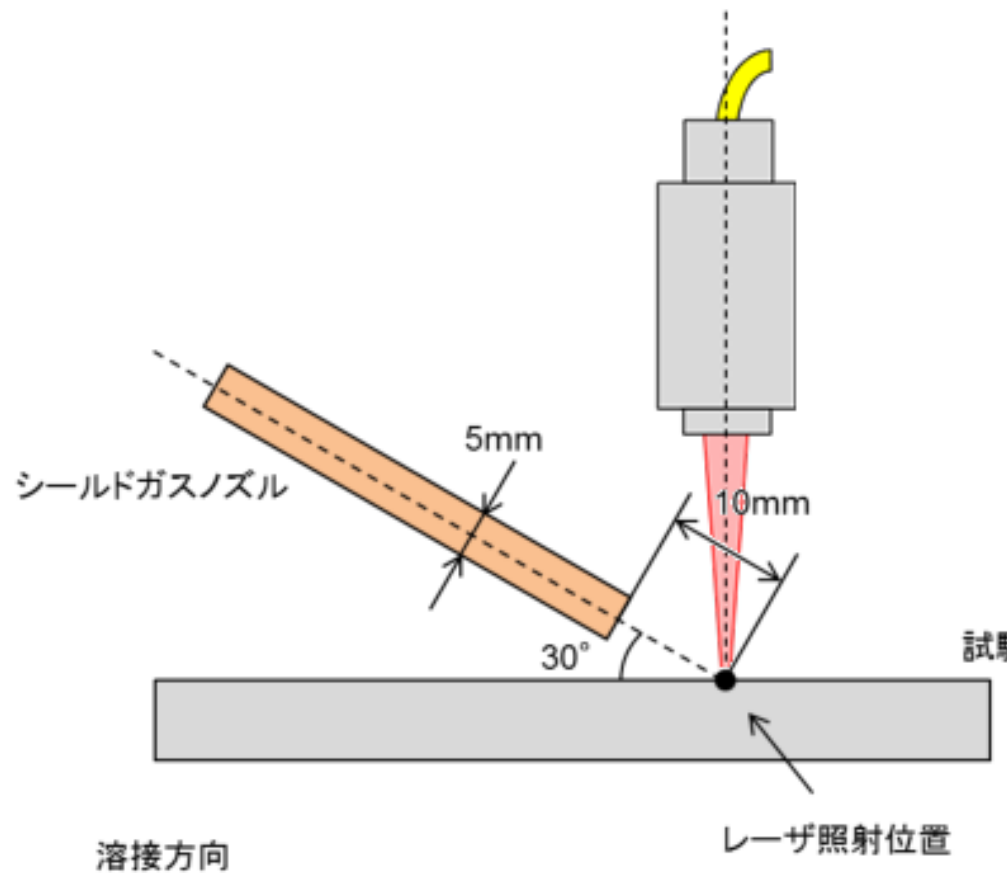
冷却配管溶接部



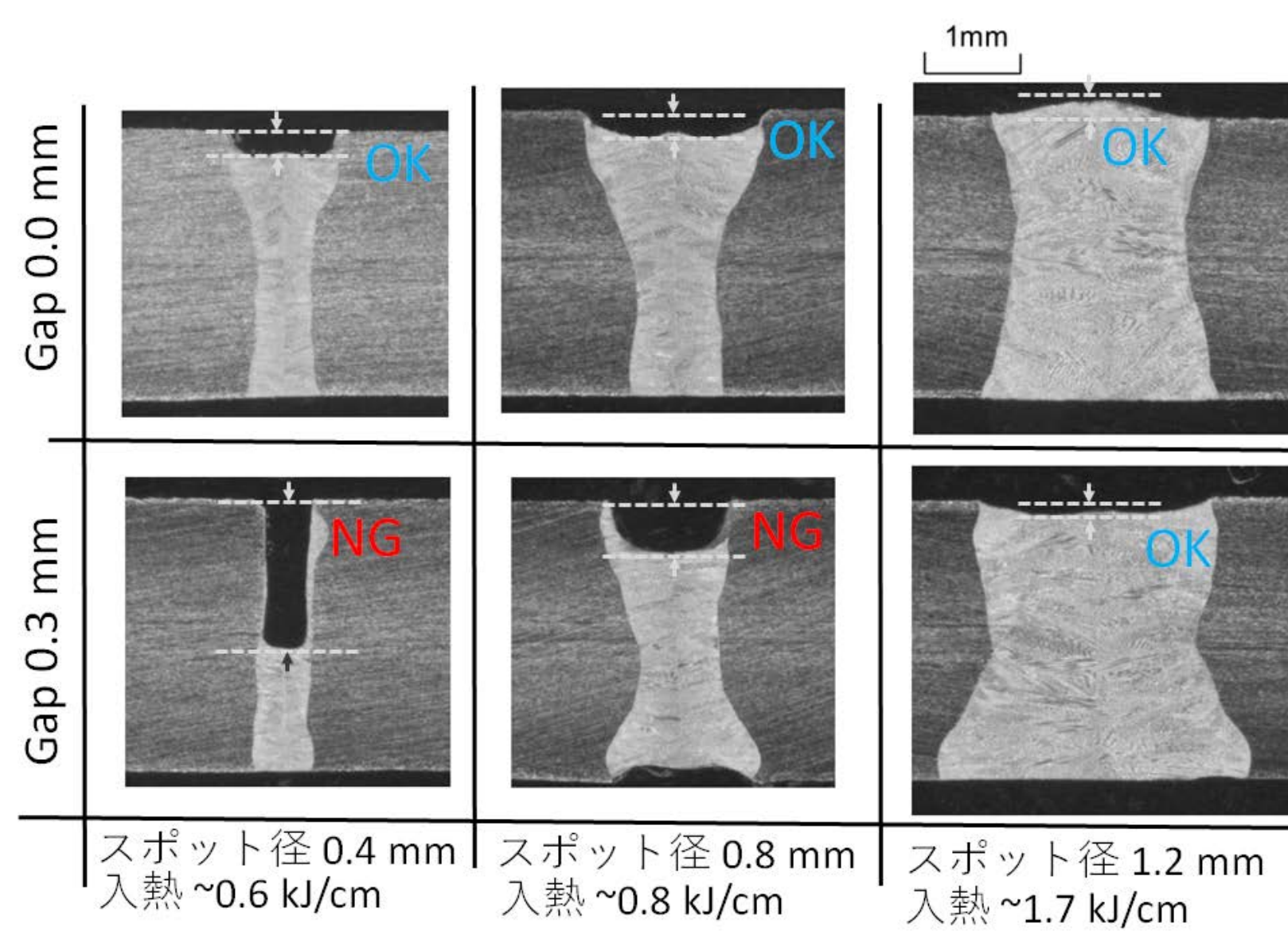
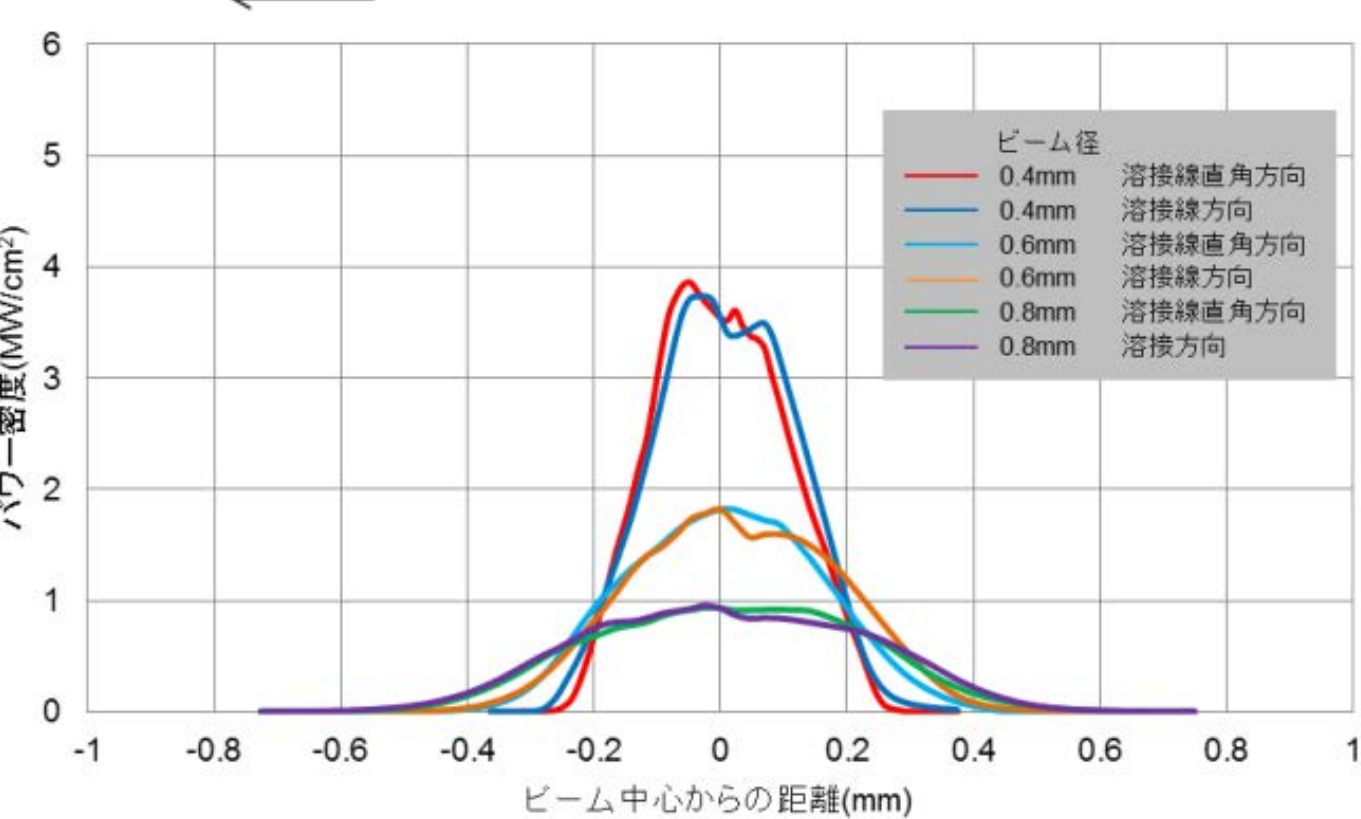
溶接施工条件の明確化

技術課題

- ファイバレーザ溶接における最適施工条件の探索
 - 遠隔で完全な開先合わせは困難 → 開先ギャップ裕度の確保
 - ツールの寿命向上のため、スパッタ・ヒュームの低減が必要

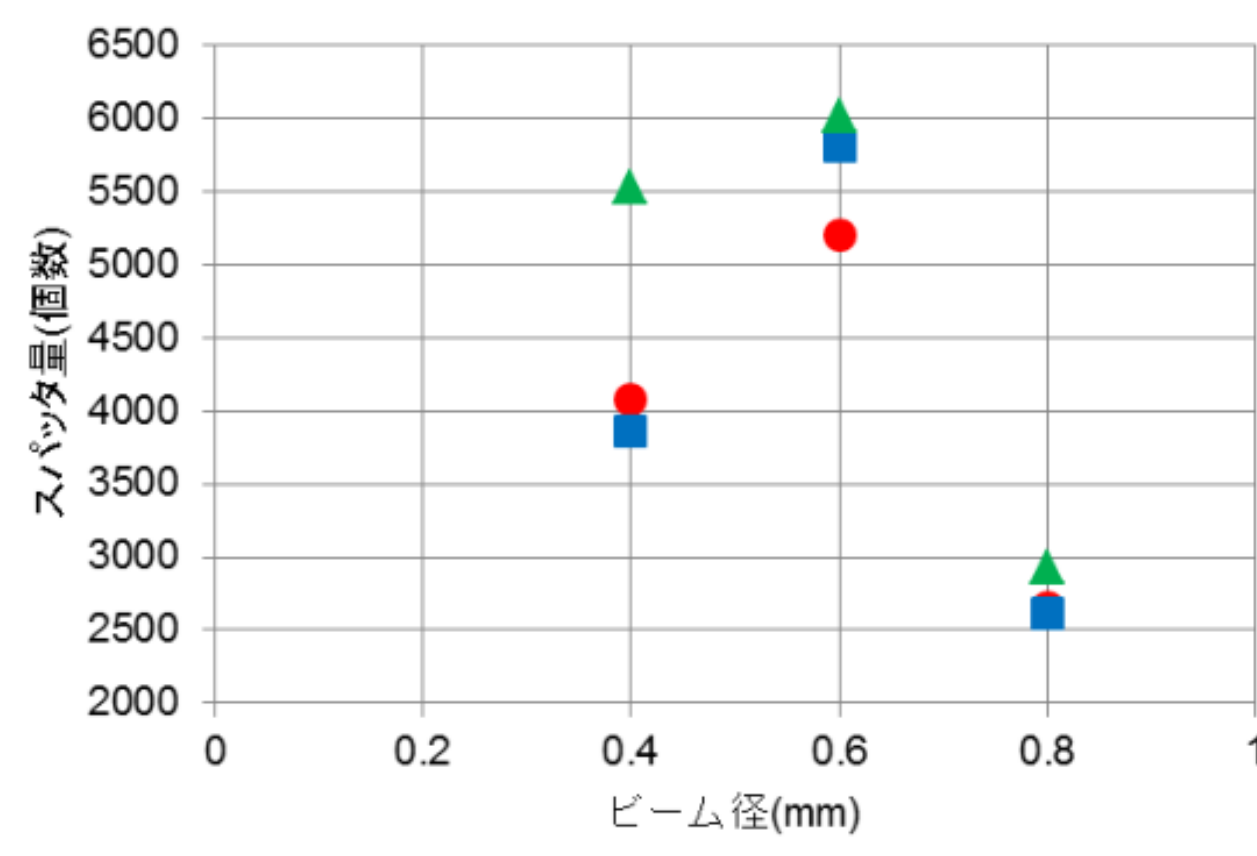
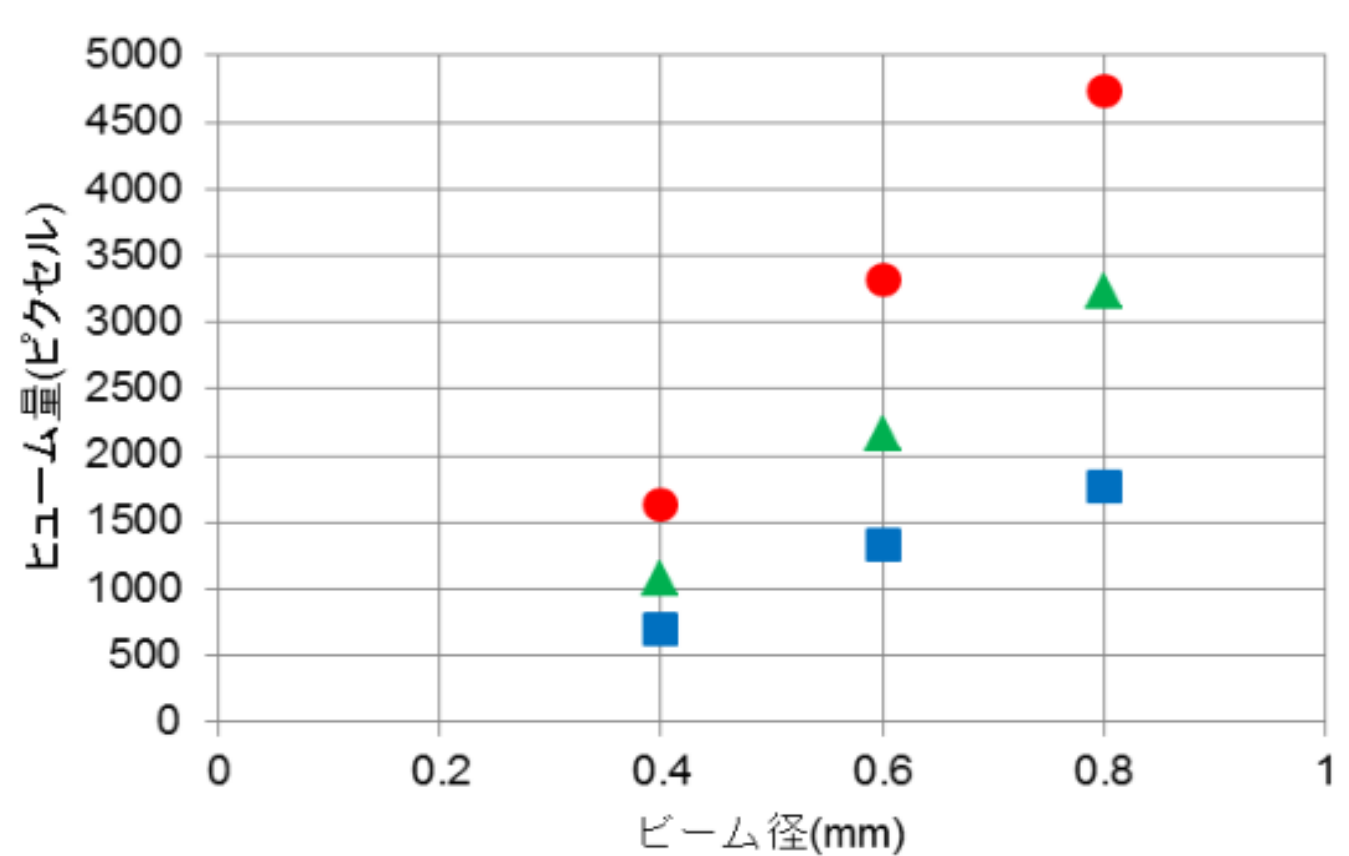


- スポット径を 1.2 mm 程度に増大させることでギャップ 0.3 mm の条件でも良好な溶接を得る
- ファイバレーザの特徴である高パワー密度・低入熱入射は必ずしも有利ではない



- ガス種を従来のAr から He に変えることで、溶け込みに変化なくヒューム量は半分以下となる。
- ビーム径とともにヒュームは増大するがギャップ裕度拡大のため受け入れる。
- スパッタ量はビーム径拡大で減少の方向。ガス種による明確な傾向は見られず。

➢ 溶接品質に影響なくヒューム低減



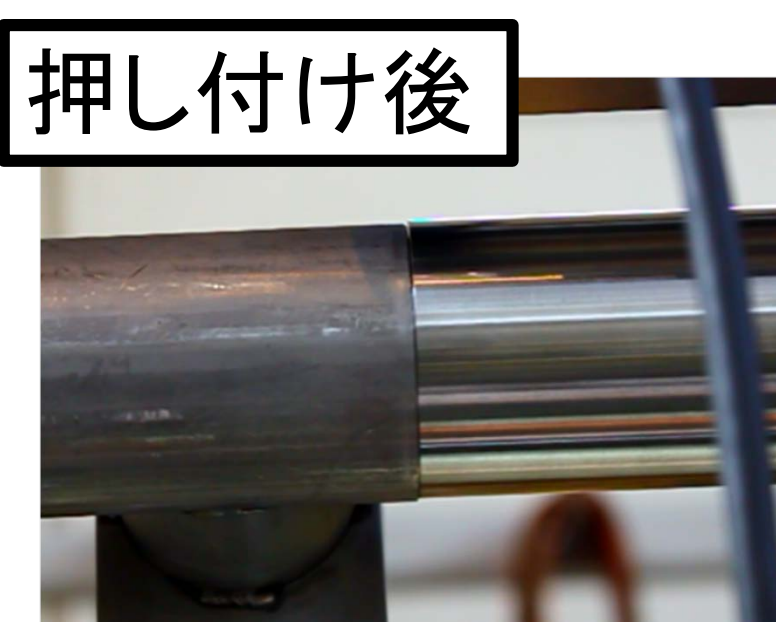
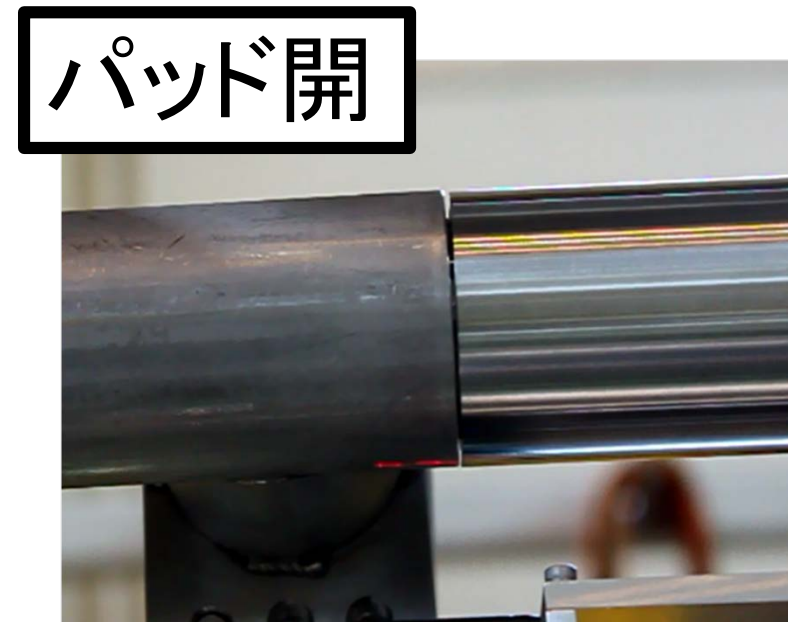
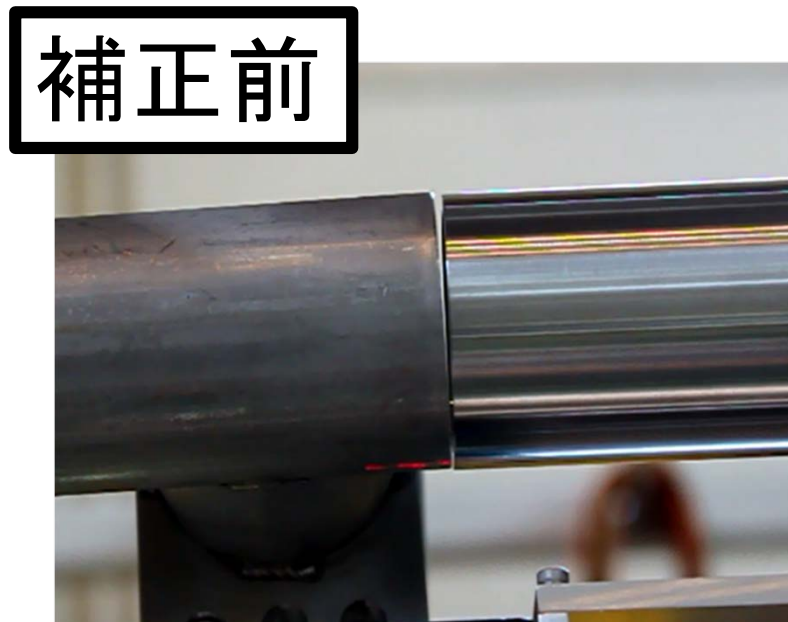
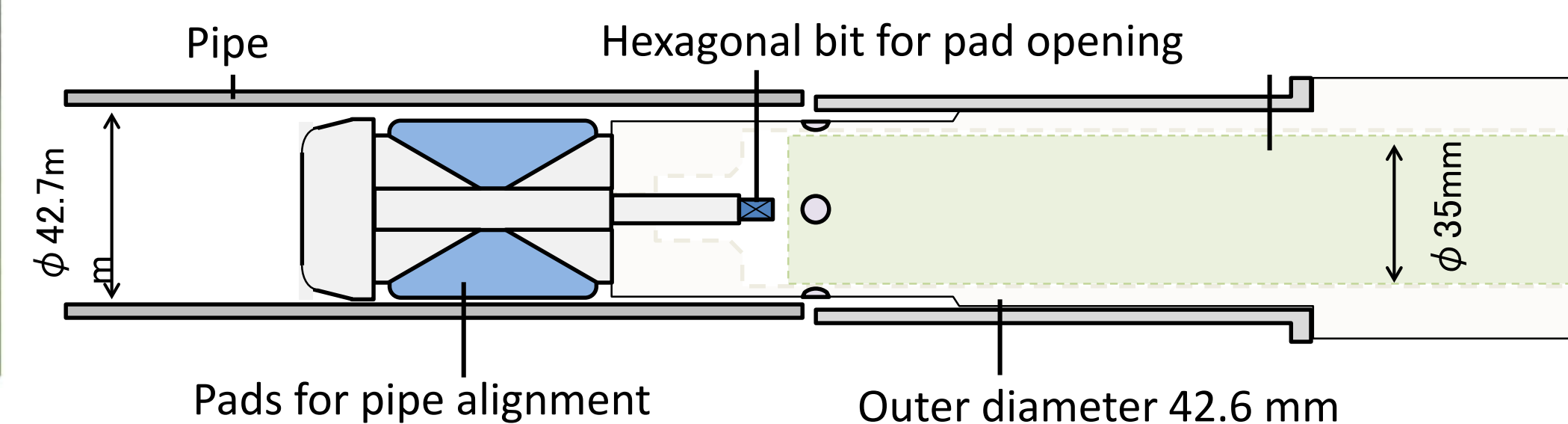
開先合わせツールの設計・試作試験

技術課題

- 良好な溶接品質を確保するため遠隔での開先合わせが必須
 - 開先ルートギャップ < 0.3 mm (← 溶接施工試験より設定)
 - 開先での目違い < 0.3 mm (← 規格値より設定)



設計・試作した開先合わせツール



上方向1.1mm ずれ

➡ 溶接可能

右方向 0.9 mm ずれ

➡ 溶接可能

	方向	補正前	パッド開	押付け後
Gap	上	<0.40	<0.15	<0.05
	左	<0.15	<0.05	<0.05
	下	<0.30	<0.10	<0.05
	右	<0.60	<0.25	<0.05
Step	上	1.13	0.11	0.11
	左	-	-	-
	下	1.06	0.07	0.03
	右	0.70	0.28	0.19

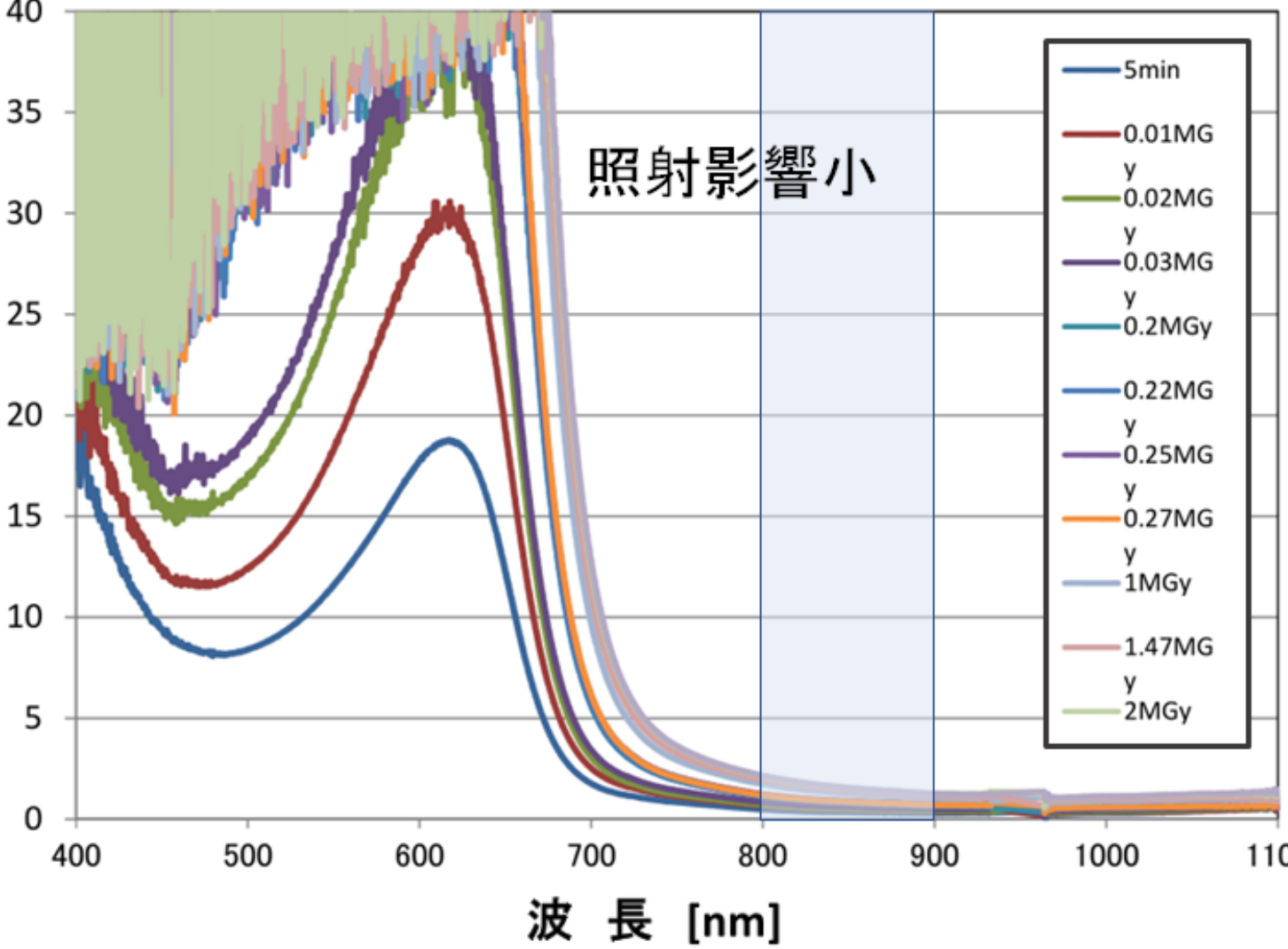
	方向	補正前	パッド開	押付け後
Gap	上	<0.55	<0.35	<0.25
	左	<0.30	<0.10	<0.05
	下	<0.25	<0.05	<0.05
	右	<0.55	<0.20	<0.20
Step	上	0.40	0.19	0.16
	左	-	-	-
	下	0.49	0.28	0.26
	右	0.94	0.14	0.09

近赤外光による開先観察試験

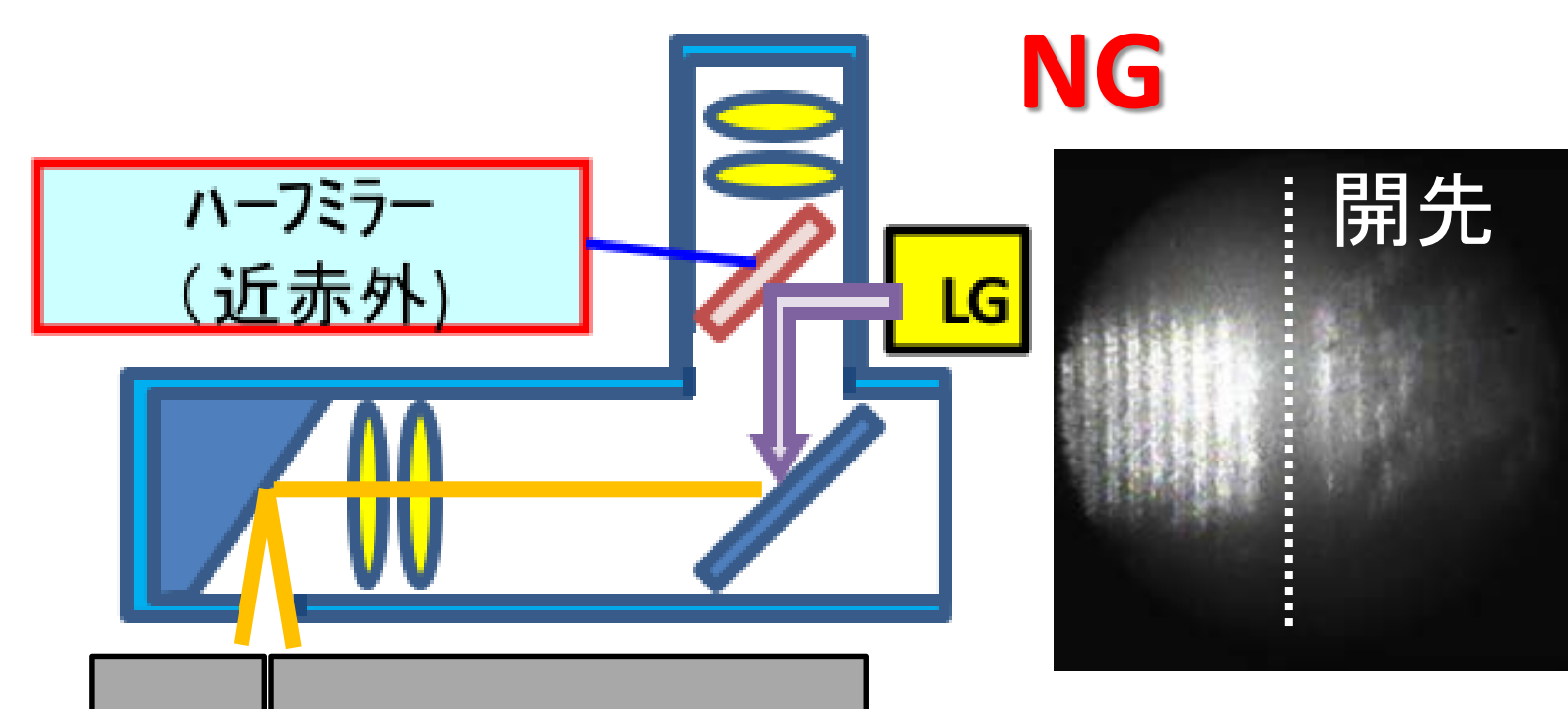
技術課題

- レーザ照射する前に、事前の開先確認が必要
- 耐放性のイメージファイバにおいても可視光領域では減衰大
- 十分な照度を得るための照明方法

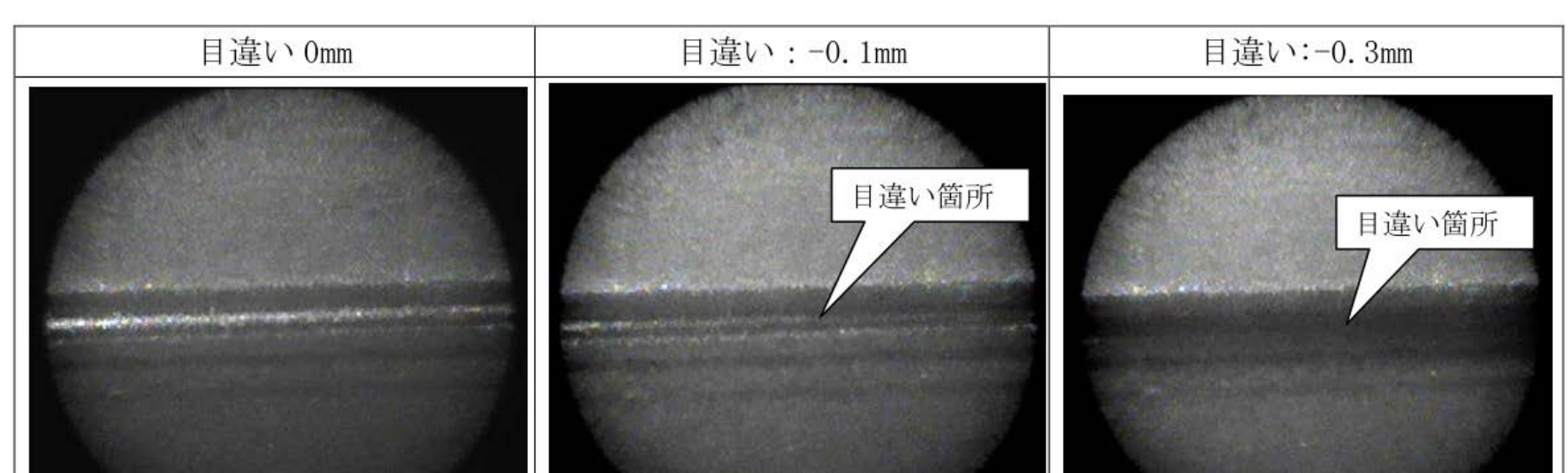
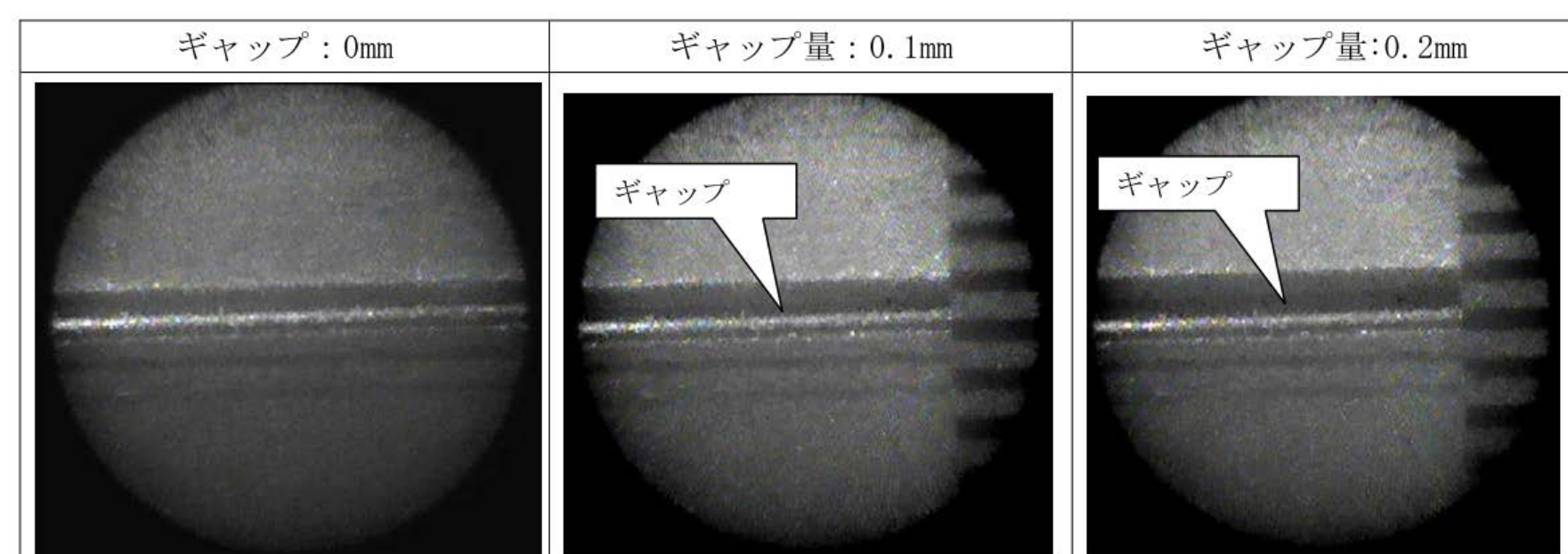
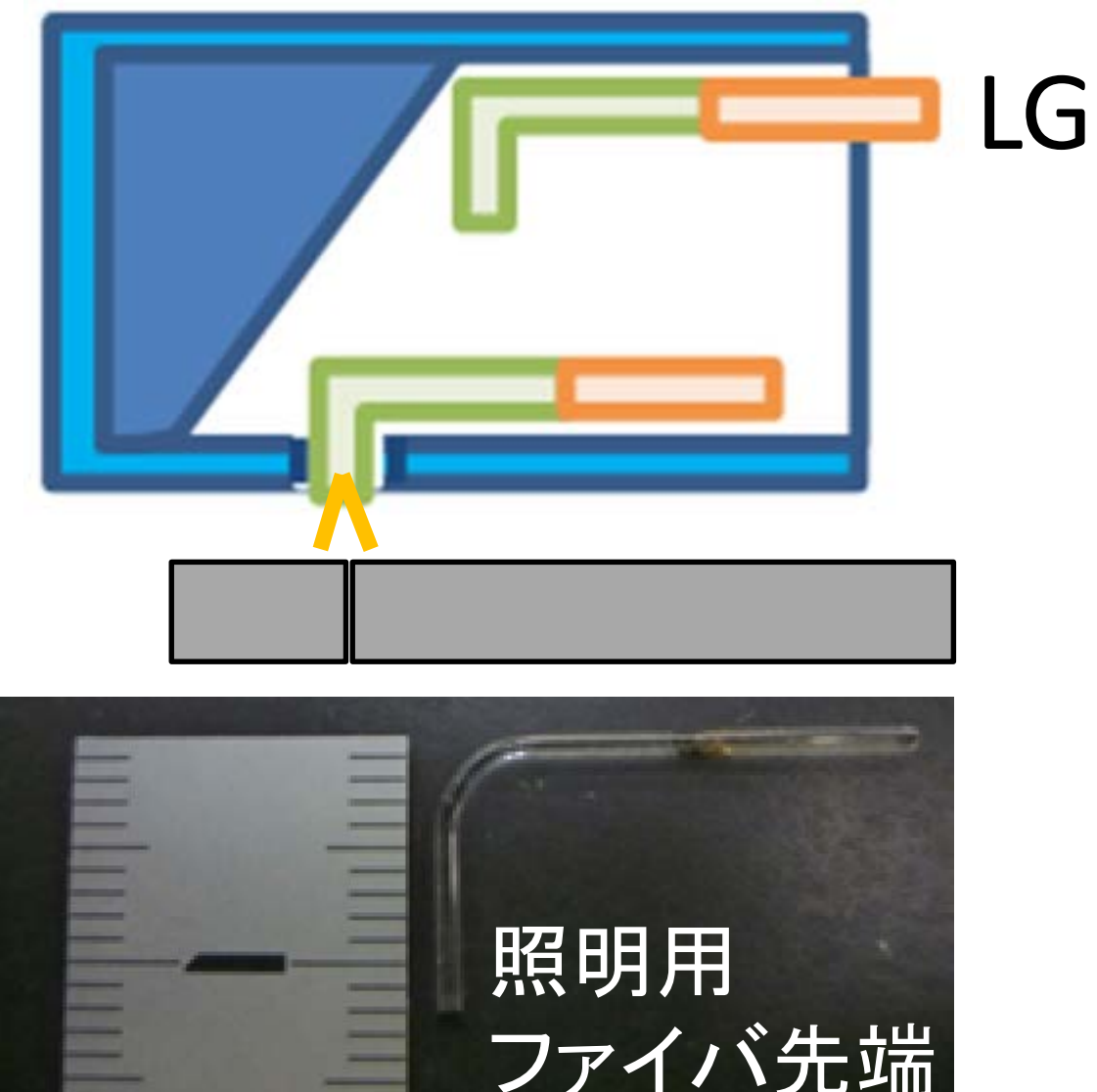
耐放性イメージファイバの伝送損失増加 [dB/20m]



- 800~900 nm では照射による伝送損失小
- 観察用光学系を利用した照明で明瞭な画像は得られず



➢ 照明用ファイバを開先近傍まで導入し、明瞭な像を得た



目違いの定量化・ギャップとの分離が課題