

プログラム名： ユビキタス・パワーレーザーによる安心・安全・長寿社会の実現

PM名： 佐野雄二

プロジェクト名：XFEL 実証評価

委 託 研 究 開 発

実 施 状 況 報 告 書 (成 果)

平成 29 年度

研究開発課題名：

XFEL 実証評価

研究開発機関名：

国立研究開発法人理化学研究所

研究開発責任者

矢橋牧名

I 当該年度における計画と成果

1. 当該年度の担当研究開発課題の目標と計画

平成29年度は、(1)「広帯域光診断システムの開発」と(2)「高輝度電子ビーム輸送システムの開発」を実施する。

(1)については、前年度に行なった仕様検討をふまえて、実際の製作を行なう。光診断システムは、高感度で空間プロファイルを計測するプロファイルモニタ、スペクトルをショット毎に計測するスペクトロメータ、パルスエネルギーを計測するフォトダイオードから構成される。これらは全て遠隔制御され、また加速器駆動信号と同期をとっている。さらに、試料を設置し、屈折・吸収コントラストを計測することにより、コヒーレンスを診断するシステムも開発する。

(2)については、電子ビーム輸送系を遠隔で制御・運転を行なうための、制御系・ユーティリティ系に関する整備を実施する。

2. 当該年度の担当研究開発課題の進捗状況と成果

2-1 進捗状況

平成29年度に計画していた項目のうち、計画項目(1)について、加速器開発グループと定期的に協議し、加速器開発の状況や生成される電子ビームの特性について情報を共有することで、見積もられる光特性について検討を行い、これに最適化した広帯域光診断システムの検討、計測機器の選定を進めた。計画項目(2)については、レーザー加速器ベースのX線光源装置開発のために必要である、遠隔で安全にシステムを運転するための制御・ユーティリティ系の整備を重点的に進めるとともに、放射線計測システムを導入し、放射線安全インターロックの運用を開始した。

2-2 成果

レーザー加速器ベースのX線光源装置を安全に運用するため、加速器開発の各フェーズに応じた放射線遮蔽計算を行った。具体的には、図1に示すように、発生電子特性評価フェーズにおいて、電子のエネルギー測定のために電子の軌道を曲げた場合についての検討を行った。その結果、最大エネルギー1 GeV、電荷量10 pCの電子ビームを0.25Tの磁場を持ったスペクトロメータ（全長65 cm）でエネルギー

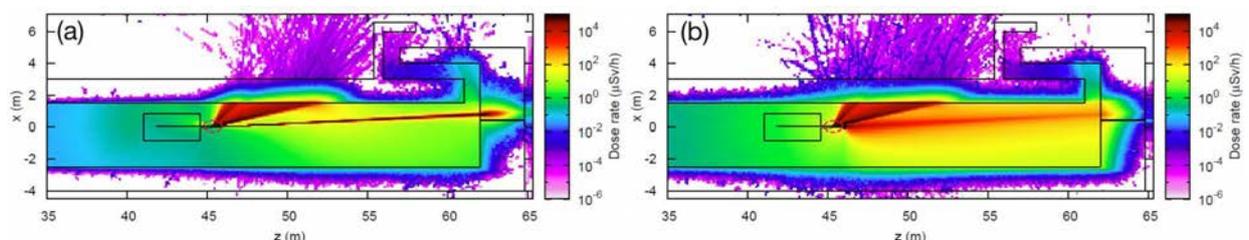


図1. 最大エネルギー1 GeV、電荷量10 pCの電子ビームが0.1 Hzの繰り返し周期で発生し、全長65 cm、磁場0.25 Tの磁気回路（図中赤丸部）でエネルギー分解された場合の漏洩線量の見積もり結果。(a)前方方向にダンピングが無い場合、(b)前方方向にダンピングを追加した場合。

ギー弁別した場合には、レーザー加速器が設置されている収納部遮蔽壁の側面及び前方壁に電子ビーム

が到達するが、側面については追加遮蔽が不要であることが確認された。前方壁については、最大 $0.2 \mu\text{Sv/h}$ の最大漏洩線量率が見込まれたため、ダンプ（平成 28 年度に制作しインジェクタ整備フェーズですでに利用中）を前方方向に引き続き設置することで、漏洩線量率を $0.01 \mu\text{Sv/h}$ 程度以下に抑制できることを確認した。

これらの遮蔽計算に基づき、放射線安全を担保するための放射線エリアモニタ（図 2）を導入した。このモニタは、放射線安全インターロックシステム（平成 28 年度に設置済）、ならびに、これと組み合わせて使用するレーザーインターロックシステム（平成

29 年度に設置）と連携して安全を担保するものである。エリアモニタは、電子ビームが輸送される前方並びに側方の 2 箇所を設置した。2 つのインターロックシステムはこのエリアモニタから異常信号を受け取った場合にはレーザー装置の運転を緊急遮断するよう設計されている。これらの統合システムについては、性能試験と動作検査を行った後に運用を開始した。

X 線光源装置は収納部内に設置されているため、レーザー輸送・電子発生部、電子輸送部、X 線発生・診断部の各部を真空中に維持するには遠隔で真空機器を制御することが求められる。そこで、すでに設置されているレーザー輸送・電子発生部までの真空機器を対象として、真空制御システムの設計を行った。このシステムは、X 線発生・診断部まで拡張して運用できるよう拡張性を考慮して設計した。

レーザー加速器ベースの X 線光源の特性を測定するための 2 次元 X 線検出器について、見積もられる光特性から必要となる仕様（表 1）を決定した。仕様を満たす検出器については、平成 30 年度夏に納品予定である。



図 2. 設置したエリアモニタ。(a)前方モニタ、(b)側方モニタ並びに 2 台の電位計などを収納したラック。

表 1. 2 次元 X 線検出器の主な仕様

撮像素子	背面照射型 CCD (AR コートなし)
画素サイズ	15 x 15 μm 以下
素子サイズ	30 x 30 mm 以上
最大量子効率	95% 以上 @ 1 keV
アナログ-デジタル変換	16 bit 以上

2-3 新たな課題など

該当なし。

3. アウトリーチ活動報告

該当なし。