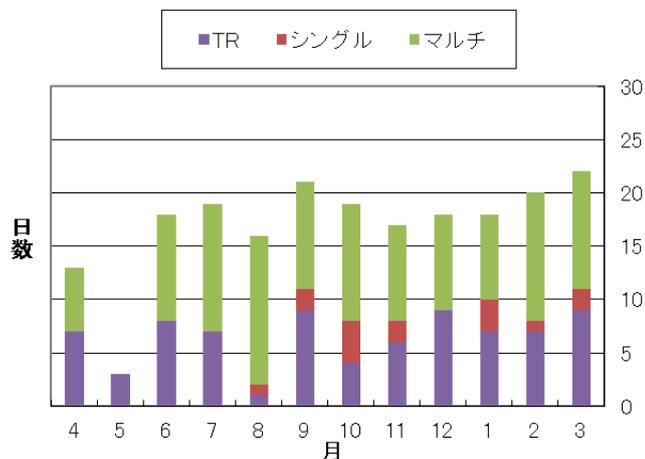


2. 量子ビーム科学研究施設の現状

2-1 強力極超短時間パルス放射線発生装置(Lバンドライナック)

2-1-1 Lバンドライナックの運転状況

図1は、令和2年度におけるLバンドライナックの運転日数を、月別、モード別に表したものである。今年度のLバンドライナック共同利用では、12件の量子ビーム科学研究施設 共同利用研究課題と9件の物質・デバイス領域共同研究拠点 施設・設備利用課題が採択された。前期は保守作業の20シフトを含む119シフトが配分され、後期は保守作業の27シフトを含む121シフトが配分された。新型コロナウイルス感染症に係る緊急事態宣言発出のため、4月8日から6月3日は全実験が中止された。保守運転を含む運転日数は203日、運転時間実績は2482時間であった。



保守運転を含む運転日数は203日、運転時間実績は2482時間であった。

2-1-2 保守および故障の状況

● 電子銃

電子銃はカソード劣化による暗電流の発生が問題となっていたが、暗電流量の監視とバイアス電圧による制御を行いながら利用を続け、夏季保守期間にカソードを交換した。従来使用していたYU-156の値段高騰のため他社製カソードを設置し運転を試みたが、十分な電流が取れなかったため再度YU-156に交換した。

● 振り分けシステム

従来の直流励磁用の偏向電磁石に交番磁場を印加し、5 Hz までの振り分け運転に利用できることを昨年度までに確認していたが、温度上昇、定格オーバー、経年劣化など多くの問題があった。そこで、渦電流損を減少させて高繰り返しまで対応するため、ヨーク材質にケイ素鋼板を用いたキッカー電磁石を製作し、納入後の今年度4月に設置した。当初はキッカー電源の設定が直流電磁石用のままだったので5 Hz 運転が限度だったが、マイコンのプログラムの書き換えで20 Hz 以上の運転に対応できるようになった。現在原子力規制庁に承認申請を行っており来年度中に振り分け運転の利用開始を予定している。

● RF 関係

サイラトロンに変わる大電流スイッチとしてSIサイリスタを用いた半導体スイッチの開発を進めているが、近年は制御基板の故障が相次いでいる。高圧に浮いた半導体スイッチの各段の制

御基板にグラウンドレベルから絶縁トランスを通じて電源が供給されるが、高周波で動作し電位差の大きい絶縁トランスからのノイズが故障の原因の一つとして考えられる。

そこで、度重なる故障で搭載部品に損傷の受けた制御基板を全数作り直し、半導体スイッチに印加される 20 kV の高圧から各段の制御基板に必要な制御電圧を作り出す自己給電式回路を搭載し、ノイズの発生源を断つことを試みた。改修した半導体スイッチは年明けに納入され、3月に実機に組み込んで運転試験を行った。繰り返し 1 pps の運転では通常使用する最大電圧の 23 kV を印加しても問題がなかったが、繰り返しを 10 pps まで上げるとスイッチングが不規則になる現象が発生したので症状を確認している。

● FEL

FEL 光共振器のデチューニング調整用のステージが 2 月に故障した。症状は放射線によるエンコーダの損傷による暴走で、当初は電源の再起動で改善していたが数時間の運転で暴走頻度が高まり運転に利用することができなくなったので交換を決断した。光共振器は μm 単位で精密にアライメントされているため、試作工場の協力を得て、位置出し及び予備機との交換作業を行った。長期間行うことのできなかつた全軸方向と角度調整も含めた共振器の全体アライメントを行うことで、従来以上の強度で FEL を復旧することができた。しかし交換後 3 回目の FEL マシンタイムで、新しいステージにも同様の症状が発生した。旧機種は 10 年以上の利用に耐えたが新機種は極端に故障が早く、放射線に対する感度が上昇していたと考えられる。ステージの型番を読み込むための IC も損傷していたためパラメータの自動設定ができなくなっていたが、手動コマンドで必要な設定を行ったうえで、フィードバックを無効化することで故障したステージを暴走せず動かすことに成功し、実験を継続している。

● その他の保守作業

その他の保守作業として、発生装置室パッケージエアコンの更新、制御 PC の更新、タイミングシステムの更新、圧空漏れ対応、クーリングタワー故障対応、モジュレータタッチパネル交換、サイラトロン変動調査、偏向電磁石電源修理等を行った。

2-2 150 MeV Sバンド電子ライナック

4月中旬から約1か月半 COVID19による活動自粛で運転ができなかった。依然としてSF6ガスのリークが大きく、2時間に1回程度のガスの補給が必要な状況ではあったが、陽電子ビームの発生を除く共同利用に約20時間、陽電子ビームの発生と利用では約54時間、保守に約22時間使用された。

今年度は加速器用冷却塔用ポンプからの異音が大きくなったため、これを交換した。その後水圧のチェックを行っている段階で、ポンプから送り出された場所の水圧は上がっているにもかかわらず、フィルター前の水圧は上昇していないことが分かり、調べた結果、ポンプからフィルターまでの間に設置してあるゲートバルブが機能していないことが分かったため、これを交換した。この作業に約2か月用し、この間運転ができなかったため、今年度は全体として5か月弱運転ができなかった。

またライナック消磁用電源が放電ノイズのため誤動作し、これに伴う故障も起こったため、消磁回路の修理を行った。消磁回路は陽電子の実験のためには必ずしも使わなくていいため、実験には支障をきたさなかったが、放電ノイズの改善対策を講じなければならない。

2-3 フォトカソード RF 電子銃 S バンドライナック

2-3-1 運転状況と主な研究成果

今年度には、高周波 (RF) 電子銃を駆動するピコ秒レーザーが故障中であるため、主に「40MeV S - バンドレーザーフォトカソード RF 電子銃ライナック」を利用したフェムト秒・アト秒超短パルス電子ビーム発生と THz 計測に関する研究を行い、「MeV 電子顕微鏡」を利用したフェムト秒時間分解電子顕微鏡の開発に関する研究を行った。以下に、それぞれの研究内容と得られた主な研究成果を示す。

- (1) 「40MeV の RF 電子銃ライナック」を利用したフェムト秒・アト秒超短パルス電子ビームの発生には、電荷量の制御による空間電荷効果の低減、加速管におけるエネルギー変調の高精度化を行った。発生したフェムト秒短パルス電子ビームを用いて、レーザー変調電子ビーム圧縮実験、電気光学結晶による電子ビームのテラヘルツ電場計測を行っている。
- (2) 「MeV 電子顕微鏡」を利用したフェムト秒時間分解電子顕微鏡の開発に関する研究では、フォトカソード RF 電子銃を利用したフェムト秒超短パルスかつ極低エミッタンス電子ビームの発生を行い、大阪大学超高压電子顕微鏡センターから移設した超高压電子顕微鏡レンズを用いてフェムト秒時間分解電子顕微鏡の実証実験を行った。今までの電子線パルス発生では、Ti:Sapphire レーザーの直後に3倍波 (UV : 266nm) を変換し、レーザー室から電子顕微鏡まで長距離を經由してフォトカソードに UV 光パルスを輸送していた。空気の流れや振動等によるレーザービームが揺らぎ、電子ビームの安定性低下の大きな原因となった。今年度では、Ti:Sapphire レーザーの UV 変換はフォトカソードの近傍に変更し、発生した UV 光パルスをカソードに集光させることにより、電子ビームのエミッタンスの低減と安定性の向上に繋がった。

2-3-2 保守および故障の状況

2019年度に電子ビーム発生用のNd:YLFピコ秒レーザーの2か所の故障が発生し、復旧中である。(1) レーザー発振器部に半導体可飽和吸収ミラー (SESAM) を使っており、このミラーにひび割れが生じた。(2) 再生増幅器の出力が低下し、原因は結晶の損傷等が考えられる。前者について、BATOP社のSAM (Saturable Absorber Mirror) の選定とフラクシ社のピエゾ治具により、発振器ではモードロックと同時に外部RF (79.3 MHz) に同期できる状態に回復した。しかし、後者について、ショートキャビティによる自励発振の試験を行っているが、赤外光から紫外光に変換できる程の光増幅には至っていない。このレーザーは、2003年に極短パルス発生装置導入時に購入したものであり、光学素子の損傷が起こっている。このレーザーは、Time-Bandwidth社製のものであるが、現在は廃盤であり、純正部品の供給がない状況である。今後、代替機種への更新もしくは修理が急がれる。

2-4 コバルト60照射設備

2-4-1 概要

コバルト 60 ガンマ線密封 RI 線源 3 本を保有し、各線源での γ 線照射の利用が可能となっている。

2-4-2 利用状況

令和 2 年度のコバルト 60 照射施設の利用課題数は 22 件であった。利用状況を表 1 にまとめた。新型コロナウイルス感染症に係る緊急事態宣言発出のため、4 月 8 日から 6 月 3 日は全実験が中止されたが、夜間照射を再開したこともあり利用時間は増加した。引き続きコバルト 60 線源が広く利用されている。

表 1 令和 2 年度コバルト 60 照射施設利用状況

部局	利用件数	総利用時間(hrs)
産業科学研究所	6	244
工学研究科	3	1429
RI センター	1	8
レーザー科学研究所	1	8
理学研究科	1	6
拠点利用	3	10
他大学等	7	377
合計	22	2078

2-4-3 装置の維持管理

コバルト照射施設運転制御システムの総合点検および保守整備を令和 3 年 3 月に行なった。

2-5 令和2年度 共同利用採択テーマ一覧

2-5-1 共同利用テーマ一覧

採択番号	研究課題	所属	申込者氏名	利用装置
R2-C-1	ナノ秒マイクロ秒の放射線化学	産研	小林一雄	Lバンド
R2-C-2	ナノ秒領域での量子ビーム誘起化学 反応基礎課程	産研	神戸正雄	Lバンド
R2-C-3	EB/EUV用レジスト高感度化のための 高速時間反応に関する研究	産研	神戸正雄	Lバンド/コ バルト
R2-C-4	放射線化学反応中間体	産研	藤乗幸子	Lバンド/コ バルト
R2-C-5	放射線照射による遺伝子損傷の分子 機構	産研	小林一雄	Lバンド/コ バルト
R2-C-6	ラジカルイオンの反応性	産研	藤塚守	Lバンド/コ バルト
R2-C-7	凝縮相中の量子ビーム誘起スパー反 応研究	産研	室屋裕佐	Lバンド/コ バルト/RF
R2-C-8	フェムト秒・アト秒パルスラジオリシ スの研究	産研	神戸正雄	RF
R2-C-9	フェムト秒時間分解電子顕微鏡に関 する研究	産研	楊金峰	RF
R2-C-10	フォトカソードRF電子銃における高 輝度電子ビーム発生に関する研究	産研	楊金峰	RF
R2-C-11	Sバンドライナックを用いた陽電子 ビームの生成・利用	産研	誉田義英	150S
R2-C-12	量子ビーム誘起によるナノ構造形成 機構に関する研究	産研	岡本一将	Lバンド/コ バルト
R2-C-13	放電生成プラズマを用いたビームレ ンズの集束特性評価	産研	酒井泰雄	150S
R2-D-1	Lバンド電子ライナックによる THz-FELを用いた固体励起状態の研 究	産研/摂南大学 他	入澤明典/ 東谷篤志	Lバンド

R2-D-2	自由電子レーザーを用いた化学結合状態の2次元評価技術に関する研究	産研/日本製鉄(株)	入澤明典/ 西原克浩	Lバンド
R2-D-3	超分子の放射線化学	産研/九大工 他	藤塚守/寫 越恒	Lバンド
R2-D-4	超短パルス電子ビーム発生とTHz計測	産研/三重大学	菅晃一/松 井龍之介	Lバンド/ コバルト
R2-D-5	加速器を用いた材料改質と新規機能性材料創製に関する研究	産研/工学研究 科/阪大ダイキ ン協働研究所	菅晃一/大 島明博	RF
R2-D-6	電子スピン共鳴(ESR)法による γ 線照射効果の研究	産研/神戸大学	藤乗幸子/ 谷篤史	施設利用
R2-D-7	コバルトからの γ 線を用いた新規機能性材料創製に関する研究	産研/工学研究 科/阪大ダイキ ン協働研究所	菅晃一/大 島明博	コバルト
R2-D-8	放射線エネルギーの化学・電気・力学エネルギーへの変換	産研/近畿大学	藤乗幸子/ 大塚哲平	コバルト
R2-D-9	パルスラジオリシス、 γ 線照射を用いた放射線化学反応	産研/青山学院 大	川井清彦/ 田邊一仁	コバルト
R2-D-10	ヒト由来試料の匂い測定	産研	立松健司	Lバンド/ コバルト
R2-D-11	放射性廃棄物からのエネルギー生産に関する放射線化学研究	産研/中部大学	室屋裕佐/ 堤内要	コバルト
R2-B-1	放射線反応場を利用したナノ粒子材料の合成	工学研究科	清野智史	コバルト
R2-B-2	電離放射線の生体影響の解析	放射線科学基盤 機構附属ラジオ アイソトープ総 合センター	清水喜久雄	コバルト
R2-B-3	ガンマ線照射における核融合炉材料及び透明材料のダメージ評価	レーザー科学研 究所	山ノ井航平	コバルト
R2-B-4	ポッケルスファイバーを用いた超高速電子計測	レーザー科学研 究所	有川安信	RF
R2-B-5	高分子の放射線照射効果の検討	工学研究科 環 境・エネルギー 工学専攻	秋山庸子	コバルト/ 施設利用

R2-B-6	宇宙機材料とシリカ物質の放射線照射効果の研究	理学研究科	山中千博	コバルト
R2-B-7	3Dプリンターによるプラスチック構造体の作製と放射線照射効果の検討	工学研究科 環境・エネルギー工学専攻	秋山庸子	コバルト

2-5-2 物質・デバイス領域共同研究拠点申込テーマ一覧

採択番号	研究課題	所属	申込者氏名	利用装置
R2-J-1	高強度赤外光照射による新規物質創成と新規物性発現	大阪大学 基礎工学研究科 未来物質領域	永井正也	Lバンド
R2-J-2	高強度テラヘルツ光照射によって誘起される生体高分子の構造と細胞機能の解明	理化学研究所	保科宏道	Lバンド
R2-J-3	テラヘルツ FEL をもちいた非線形光学応答の研究	大阪大学 レーザー科学研究所	中嶋誠	Lバンド
R2-J-4	高強度テラヘルツ光照射による分子間相互作用の非線形励起と制御	量子科学技術研究開発機構	坪内雅明	Lバンド
R2-J-5	テラヘルツ FEL をプローブとした光励起半導体キャリアダイナミクスの研究	量子科学技術研究開発機構	川瀬啓悟	Lバンド
R2-J-6	シンチレーションの前駆励起状態のパルスラジオリシスによる観測	東北大学大学院工学研究科	越水正典	Lバンド
R2-J-7	高分子系飛跡検出器内の放射線損傷形成機構	神戸大学大学院海事科学研究科	山内知也	コバルト
R2-J-8	放射線化学的手法によるフォトクロミズム分子の化学的性質の研究	群馬大院・理工学府	山路稔	Lバンド/コバルト
R2-J-9	パルスラジオリシス法を用いた非均質反応場等での過渡現象に関する研究	日本原子力研究開発機構・廃炉国際共同研究センター	永石隆二	Lバンド
R2-J-10	蛍光性物質を利用した、時空間分解ダイナミック線量測定	埼玉大学理工学研究科	若狭雅信	RF
R2-J-11	テラヘルツ自由電子レーザーを用いた生体材料加工の研究	東京理科大学総合研究院赤外自由電子レーザー研究センター	川崎平康	Lバンド
R2-J-12	光・電子デバイス応用に向けたガルバニック水中結晶光合成法による表面ナノパターン作製	北海道大学大学院工学院	高橋優樹	コバルト