

## 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5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、11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22シフトを含む121シフトが配分され、後期(10月-12月)は保守作業の8シフトを含む58シフトが配分された。保守運転を含む運転日数は149日、運転時間実績は1,684時間であった。

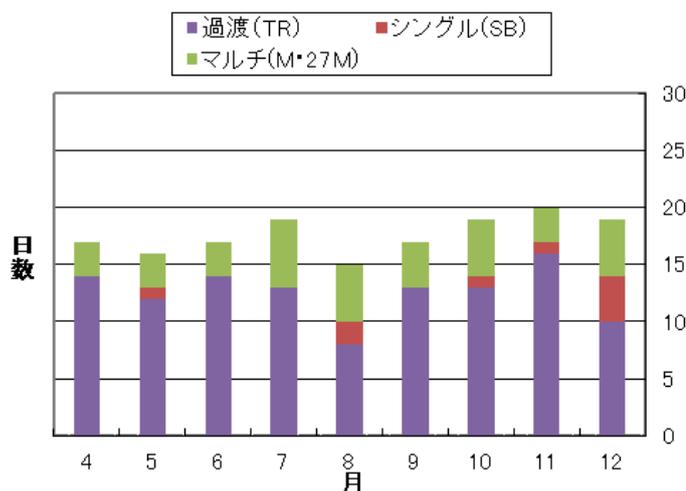


図1 令和5年度Lバンド運転日数

#### 2-1-2 保守および故障の状況

Lバンドライナックはライナック棟の改修工事の準備のため、12月末で全ての運転を停止した。半導体スイッチはノイズ対策でグラウンド線を銅板に交換するとともに、異常時に緊急停止するための基板改造とPLCプログラムの修正を行い、5月にクライストロンモジュールに設置した。改造した基板の一部に不具合が発生したものの、12月末までの全ての運転を半導体スイッチで行った。また4月には故障した冷却装置用のインバータポンプを納期の関係から非インバータ式のポンプに更新し、動作に問題ないことを確認した。また使用していたイオンポンプ電源の多くが1990年頃までのもので、内部のオイルコンデンサに微量PCBの混入の可能性が否定できなかったため、Lバンドの運転停止後にコンデンサの取り外しとPCB分析を行い、電源の廃棄を行った。他には計測用オシロスコープの修理や、フラッシュランプ付属機器の修理、電子銃遠隔制御用ステッピングモータの故障対応等を行った。

現在は改修工事の準備を進めている。工事中の現場作業員に対する放射線管理の負担を軽減するため、RI規制法施行規則第22条の3を適用し、ライナック棟のほぼ全域を管理区域から一時的に解除することを想定している。ただしLバンドライナックは軽微に放射化した部分があり、また本体を解体すると復旧が困難となることから、加速器本体と近接した機器を十分な耐荷重の木枠で覆い、内部を放射線管理区域として残すことにした。

改修工事ではライナック棟全室の内装と設備のほとんどを更新するため、棟内機器の大部分を撤去・移設する必要がある。Lバンドでは本体とモジュールの筐体、冷却装置本体のみ棟内に残置することにした。制御系や電源に関しては機器側の配線は全て取り外し、Lバンド側の配線は可能な限り接続したまま木枠内に収めることで、解線作業を簡略化することにした。また冷却装置から木枠までの配管も取り外して別途保管することにした。

150MeVのSバンドライナックは廃止とし、解体した本体や付属機器を収納するために放射化物保管庫を増設することにした。これらの変更は原子力規制庁への申請手続きを行い、既に承認されている。

改修工事後は2階の放射線管理区域を一般区域にして、産学連携スペースとして開放することを予定している。また建屋設備の全体的な見直し・更新を実施し、今後導入が予定されているCバンドライナックと50TW級高強度レーザーの環境整備のために、電源設備の拡充や高精度空調・クリーンルームの導入等を行う予定である。

## 2-2 フォトカソード RF 電子銃 S バンドライナック

### 2-2-1 運転状況と主な研究成果

今年度、「RF 電子銃ライナック装置」では、超短パルス電子ビームの発生および計測に関する研究の他に、「量子ビーム創薬」のために極短パルス電子ビーム照射によるがん治療薬の開発に関する新たな応用研究を展開してきた。「MeV 電子顕微鏡」では、電子ビームの低エミッタンス化、AI による TEM 像のノイズ除去等に関する研究を行った。また、「小型短パルス電子線発生装置」では、新しい THz 発生方法の探索と原理実証に関する研究を行った。これらの研究内容と得られた主な研究成果については、各グループや利用者の報告書を参考していただきたい。

### 2-2-2 保守および故障の状況

RF 電子銃、加速器本体およびクライストロン周りの大きな故障は無かった。同期系において、昨年度にレーザーを同期するための 79.3 MHz の RF を発生する 1/36 分周器が経年劣化により故障したが、今年度に新たに 1/36 分周器を更新し、電子ビーム発生用の Nd:YLF ピコ秒レーザーと計測用 Ti:Sapphire フェムト秒レーザー共に順調に稼働している。

今までの RF 電子銃ライナック装置では、無酸素銅カソードを利用して短パルス電子ビームの発生と利用研究を行ってきたが、無酸素銅の量子効率が  $10^{-6}$  程度であり、大電荷量の電子線パルスの発生に支障が生じる。来年度にライナック棟の改修工事や L バンドライナックの停止を伴い、RF 電子銃ライナック装置の利用実験が大幅に増えることを想定できる。そのために、RF 電子銃ライナック装置の電子ビームの高強度化を考え、12 月~1 月に早稲田大学に使われた高い量子効率を有する CsTe カソード蒸着装置とカソードの交換とロードロック真空チェンバーを量子ビーム科学施設に移設した。来年度に、その CsTe カソード蒸着装置を起動し、ロードロック真空チェンバーを改良し、活用して、CsTe カソード RF 電子銃ライナックを改装する。これによって、L バンドライナックの停止を伴う実行できない利用研究を、RF 電子銃ライナック装置を用いて展開する予定である。

冷却水装置について、冷却塔、二次系の冷却水循環装置、SMC 社製等のチラーは順調に稼働している。

## 2-3 コバルト60照射設備

### 2-3-1 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  $\gamma$  線照射の利用が可能となっている。

### 2-3-2 利用状況

令和 5 年度のコバルト 60 照射施設の利用課題数は 20 件であった。利用状況を表 1 にまとめた。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 5 年度コバルト 60 照射施設利用状況

部局	利用課題件数	総利用時間(hrs)
産業科学研究所	4	76
理学研究科	2	27
レーザー科学研究所	1	48
工学研究科	4	801
拠点利用	4	365
他大学等	5	1072
合計	20	2389

### 2-3-3 装置の維持管理

コバルト照射施設マニピレータの整備を令和 5 年 12 月に行った。

コバルト照射施設および運転制御システムの総合点検、保守整備を令和 6 年 3 月に行なった。

## 2-4 令和5年度 共同利用採択テーマ一覧

### 2-4-1 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
R5-C-1	ナノ秒領域での量子ビーム誘起化学反応基礎課程	産研	楊金峰	Lバンド
R5-C-2	放射線化学反応中間体	産研	藤乗幸子	Lバンド/コバルト
R5-C-3	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
R5-C-4	フェムト秒・アト秒パルスラジオリシスの研究	産研	楊金峰	RF
R5-C-5	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
R5-C-6	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
R5-C-7	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
R5-C-8	量子ビーム照射による生体内での新規分子変換反応の開発と応用	産研	山下泰信	Lバンド/RF
R5-C-9	自発光植物種子の変異誘発	産研	長部謙二	Lバンド/コバルト
R5-C-10	電子ビーム照射によるプロドラッグの活性化とその薬理的評価	産研	山下泰信	Lバンド/RF
R5-D-1	超短パルス電子ビーム発生とTHz計測	産研/三重大学	楊金峰/松井龍之介	RF
R5-D-2	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/阪大ダイキン協働研究所	神戸正雄/大島明博	施設利用
R5-D-3	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/阪大ダイキン協働研究所	神戸正雄/大島明博	コバルト
R5-D-4	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	小阪田泰子/田邊一仁	Lバンド/コバルト

採択番号	研究課題	所属	申込者氏名	利用装置
R5-D-5	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
R5-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
R5-B-2	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
R5-B-3	宇宙機用記機材の放射線試験・石英・ガラス アパタイト試料の放射線被ばく量の決定	理学研究科	山中千博	コバルト
R5-B-4	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/ 施設利用
R5-B-5	生体に対する高線量率電子線照射効果の研究	医学系研究科	西尾禎治	Lバンド /RF
R5-B-6	多孔性有機塩のポストシンセシスによる空間修飾	工学研究科	藤内謙光	コバルト
R5-B-7	高強度赤外光照射による新規物質創成と新規物性発現	基礎工学研究科	永井正也	Lバンド
R5-B-8	テラヘルツ FEL をもちいた非線形光学応答の研究	レーザー科学研究所	中嶋誠	Lバンド
R5-B-9	希土類イオン添加フッ素リン酸塩ガラスシンチレーターの放射線耐性	レーザー科学研究所	山ノ井航平	コバルト
R5-B-10	COMET Phase-I 用の Slow Control System で用いるバッファの放射性耐性評価	理学研究科	上野一樹	コバルト

## 2-4-2 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
R5-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
R5-J-2	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
R5-J-3	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	静岡大学 電子工学研究所	越水正典	Lバンド
R5-J-4	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
R5-J-5	フォトクロミズム分子のラジカルイオンの反応性の研究	群馬大学大学院 理工学府	山路稔	Lバンド/コバルト
R5-J-6	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	永石隆二	Lバンド
R5-J-7	溶液中の放射線誘起化学反応に対する磁場効果	埼玉大学	若狭雅信	Lバンド/RF
R5-J-8	ガンマ線エネルギーの化学エネルギーへの変換 ～金属共存下における二酸化炭素・水の分解反応促進～	近畿大学	大塚哲平	コバルト
R5-J-9	電子スピン共鳴(ESR)法によるγ線照射効果の研究	神戸大学・人間発達環境学研究科	谷篤史	コバルト
R5-J-10	テラヘルツ自由電子レーザーを用いた短パルスレーザー励起半導体表面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
R5-J-11	放射線に誘発される化学種への照射後 sub-ナノ秒に見える磁場効果	医学系研究科・保健学専攻	坂田洞察	Lバンド/施設利用
R5-J-12	遠赤外・テラヘルツ自由電子レーザーを用いた新機能物質材料の創成	立命館大学 SR センター	入澤明典	Lバンド