

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、平成27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20の量子ビーム科学研究施設共同利用研究課題と12の物質・デバイス領域共同利用拠点施設・設備利用課題が採択された。前期は保守作業の18シフトを含む118シフトが配分され、後期は保守作業の18シフトを含む118シフトが配分された。3月31日現在の、保守運転を含む運転日数は236日、運転時間実績は2,978時間である。以下に記すマシントラブルにより利用が中止となったマシンタイムは3日であったが、それ以外に利用開始時間に遅れが生じたマシンタイムが数日あった。3月末までの保守日除く通算運転日数は230日、通算運転時間は約2,951時間以上であった。

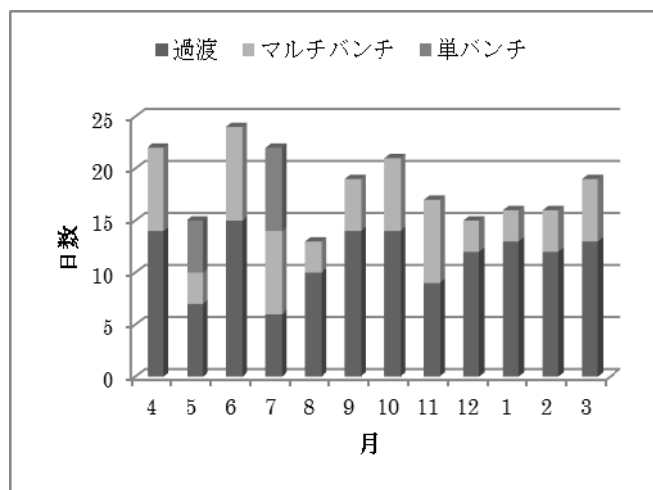


図1：平成27年度Lバンドライナック月別運転日数。1～3月は予定日数。*12/22現在

2-1-2 保守および故障の状況

クライストロン関係

今年度最大の故障は5月の後半に起きたクライストロンモジュレータ電源の故障であった。5月19日の電子ビーム利用運転中にビーム出力が不安定になり、モジュレータのトリガが不安定となり、調査したところ、充電電圧の高精度化のために設置した共振ユニット中のサージアブソーバが焼損していた。このユニットを取り外してモジュレータの動作試験を実施したところ、25 kVモジュレータ電源の高圧タンク内で放電していることを、製造元のニチコン(株)の技術者立ち合いのもと確認し、タンクの修理を決定した。運転継続のために、モジュレータ用高圧電源は高エネルギー加速器研究機構(KEK)よりすぐに借用でき(東芝電波プロダクツ社製50 kVインバータ電源E10002400G1)、5月25日には借用電源の仮設、動作試験を実施、翌26日からは利用運転を再開した。この故障調査および交換作業によるマシンタイムの中止日数は3日である。KEKには早期の貸し出しにご対応頂き、また修理期間中の長期間の当該機の借用をお認め頂き、ここに謝辞を申し上げる。

故障した高圧タンクをニチコンへ点検・修理依頼したところ、内部の冷却水配管の継ぎ目が老朽化したことによる水漏れが原因となり、内部が放電し故障に至ったと結論された。高圧タンクは故障している部分を交換するとともに、継ぎ目なし配管へと改修された。修理完了後、11月4日に高圧タンクを含む従来のモジュレータ電源システムを再設置、復旧した。

モジュレータのスイッチ動作を担う箇所は、今年度はほぼ半導体スイッチで運用している。スイッチはこれまでに2台の試作品を製作し、現在はその2号機が運用されている。これまでに2号機では複数のSIサイリスタのA-K間がショートする現象が起きた。交換後はノイズによる誤作動も改善し順調に動作している。1号機は基板内のDC-DCコンバータや光伝送モジュールの故障が複数回発生しており、ノイズ対策を検討している。

クライストロンモジュレータを制御しているPLCの誤作動も複数回確認され、それにより高電圧がかからなくなる事象があった。使用しているPLCモジュールを新たなものに交換することにより、現在は改善されている。

10月19日にはモジュレータ電源等に電力を供給しているAVR内のIGBTが故障した。そのため、モジュレータ電源等への電力供給はヘルムホルツコイル用電源等に電力を供給しているAVRから合わせて供給することとした。故障したAVRは2016年2月2日に修理を実施し、原状復帰している。

2016年1月13日にはモジュレータ電源に設置されているAVRを保護するための突入電流防止ユニットが焼損した。そのためこれを取り外し、電源ラインを直結することで運転を復旧した。このユニットは1月25日に修理されたものを再設置した。

電子銃関係

5月下旬に電子銃高電圧の異常停止頻度が高くなり、5月28日に電子銃カソードソケットを点検したところ、多数のコンタクトフィンガーが折れており、また表面酸化により絶縁部分ができていた。そのためこれを交換したところ、これまでに高電圧異常停止はほとんど見られなくなった。

前回(平成26年12月)の電子銃カソードの交換から現在まで1年2ヶ月ほど経過しているが、顕著なグリッドエミッション増加等の兆候は見られない。次の交換は夏季停止期間を予定している。

電子銃高電圧の電源をライナック導入時から使用しているものから更新するために新規の高圧電源および絶縁トランスによる高電圧印加および電子ビーム発生試験を数回実施した。性能に問題はなく、今後導入するに当たり、制御システムおよび安全システムの設計と構築が必要である。

冷却水装置関係

昨年度に交換した主加速管の精密温調系配管のステンレス製のボールバルブは、現在のところ水漏れや破損は見られていない。しかしながらボールバルブは大流量での流量調整バルブとして利用するには不向きであることから、今後とも注意が必要である。

また、最近では立ち上げ時や運転時に冷却水装置の冷凍機の異常による停止がしばしば発生しており、頻度が上がってきた場合には冷凍機の修理・交換を実施する予定である。

制御関係

懸案であったライナックのコンピュータ制御関係について、現状のハードウェアが故障した際のバックアップとして、ゲートウェイサーバーとデータベースサーバーのクローンシステムを今年度中に導入する予定である。抜本的なシステムの更新についても検討を継続している。

その他の機器トラブル

日本高周波（株）と協議している RF 系の低電力移相器の修理に関しては、エンコーダの代替を選定できずにあり、進んでいない。これまで移相器は手動のもので代用していたが、現在は試験的に電圧制御するアナログ移相器（アールアンドケー社製）を利用している。

これまで FEL ビームラインの偏向電磁石電源の故障が頻発していたが、現在は出力ラインへコンデンサを挿入してノイズ対策を実施しており、現在のところうまく機能している。

2-2 150 MeV S バンド電子ライナック

今年度は RF 電子銃の移設完了に伴い 150 MeV ライナックの運転再開に向けて準備を行った。高エネルギー電子ビームを発生するまでに、クライストロン電流変調用の RF アンプが故障していたため、この修理を行った。また、導波管内での放電抑制のためのコンディショニング、4 重極マグネット電源の交換等を行った。実際、RF 電子銃とクライストロン電源を共有していたため、加速管 1 本分が無くなったわけで、最大エネルギーは 100 MeV 程度になっていると思われる。これを確認するために、高エネルギー電子ビームの発生とエネルギー調整を行った結果、約 60 MeV、300 mA、10 pps の条件で、陽電子発生用ターゲット位置で約 1 cm 径の電子ビームを得ることができた。ビームローディングカーブを測定している段階でクライストロン用冷却水が汚濁する現象が現れた。これは前年度交換した古い熱交換器によると思われるが、この除去作業を行っているところである。

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

フォトカソード RF 電子銃 S-バンドライナックは、平成 26 年 1 月末にシャットダウンし、ベータトロン室に移設することとなった。平成 26 年 6 月から平成 27 年 8 月までに電子銃、加速管、電磁石などの移設後の据付を行い、RF エージングを実施した。平成 27 年 9 月にビームテストを行い、無事に施設検査を合格した。施設検査後、速やかにビーム利用を再開した。運転状況としては、モジュレータ以外、加速器本体は故障なく無事で運転再開できた。現在は、主に

- 1) 超短パルス電子ビーム発生・計測の研究、
- 2) フェムト秒・アト秒パルスラジオリシスの研究および
- 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

という 3 つの研究課題に利用されている。

フォトカソード RF 電子銃 S-バンドライナック以外に、「MeV 電子顕微鏡」装置と RF 電子銃を用いた「小型短パルス電子線発生装置」を、独自で開発し、新設した。MeV 電子顕微鏡装置では、拡大倍率が 4,000 倍程度の透過型電子顕微鏡像の観測に成功し、小型短パルス電子線発生装置では、フェムト秒電子線パルスを用いたシングルパルスで電子線回折の測定も実現した。詳細については、後ろに添付した報告書を参考していただきたい。

表に、3 つの装置の仕様を示す。今後、3 つの装置に対して、ビーム利用や装置を使って見たい要望があれば、是非担当者に相談していただきたい。

表： 装置の性能

	RF 電子銃ライナック	MeV 電子顕微鏡	小型短パルス電子線発生装置
最大エネルギー	40 MeV	5 MeV	5 MeV
最大電荷量	3 nC	0.1 nC	1 nC
バンチ数	1	1	1
最大繰返し	10 Hz	100 Hz	100 Hz
利用分野等	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 超短パルス電子ビーム発生と利用 ✓ フェムト秒・アト秒パルスラジオリシス 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 透過型電子顕微鏡像の観測 ✓ 時間分解の構造解析 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ 電子回折像の観測 ✓ 時間分解の結晶構造解析

今年度の利用日数としては、実際の利用は再開してから3ヶ月しか経ておらず、統計していない状況である。

2-3-2 保守および故障の状況

SバンドフォトカソードRF電子銃ライナックのモジュレータにPFN充電用の30kV直流電源が4台使用されているが、昨年度に4台の内に2台が相次ぎ故障した。そのうちの1台は高圧タンクとトランスが破壊したため、修理が不可となった。故障の原因としては、使用時間数(寿命)による電源の劣化と思われる。特に、取り付けられたダイオードとフィルターキャパシター共に寿命に近いと考えられる。現在、2台の直流電源を使用して、運転を行っている状況である。

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

平成27年度のコバルト60照射施設の利用課題数は21件であった。利用状況を表1にまとめた。利用件数は増加した。引き続きコバルト60線源が広く利用されている。

表1 平成25年度コバルト60照射施設利用状況

(平成28年度2月8日現在)

部局	利用件数	総利用時間(hrs)
産業科学研究所	6	10:38
理学研究科	2	48:50
レーザーエネルギー学研究センター	2	0
工学研究科	3	1463:03
RIセンター	1	2
多機関	3	79:14
拠点利用	4	316:17
合計	21	1920:02

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は次年度を予定している。

2-5 平成 27 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
27-A-C1	マイクロ秒ミリ秒パルスラジオリシス法における放射線化学の研究	産研	小林一雄	Lバンド
27-A-C2	高輝度電子ビームの発生と特性測定	産研	川瀬啓悟	Lバンド
27-A-C3	ナノ秒領域での量子ビーム誘起化学反応基礎過程	産研	楊 金峰	Lバンド
27-A-C4	L バンド電子ライナックにおける THz-FEL 光特性評価および利用発展の研究	産研	入澤明典	Lバンド
27-A-C5	テラヘルツ自由電子レーザーの高度化と特性測定	産研	磯山悟朗	Lバンド
27-A-C6	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
27-A-C7	放射線化学反応中間体	産研	藤乗幸子	Lバンド コバルト
27-A-C8	ラジカルイオン光励起状態	産研	藤塚 守	Lバンド コバルト
27-A-C9	放射線化学反応活性種	産研	藤塚 守	Lバンド コバルト
27-A-C10	ラジカルイオンの反応性	産研	藤塚 守	Lバンド コバルト
27-A-C11	EB/EUV 用レジスト高感度化のための高速時間反応研究	産研	吉田陽一	Lバンド コバルト
27-A-C12	時間分解電子顕微鏡に関する研究	産研	楊 金峰	RF 電子銃
27-A-C13	フォトカソード RF 電子銃における低エミッタンス電子ビーム発生に関する研究	産研	楊 金峰	RF 電子銃

27-A-C14	フォトカソードRF電子銃ライナックによるフェムト秒・アト秒電子パルスの発生	産研	楊 金峰	RF 電子銃
27-A-C15	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 電子銃
27-A-C16	Sバンドライナックを用いた陽電子ビーム生成の検討	産研	誉田義英	S/施設利用
27-A-C17	陽電子局在消滅に関する研究	産研	誉田義英	施設利用
27-A-D1	パルスラジオリシス法による軟X線顕微鏡用レジストの高感度化研究	産研/早稲田大	吉田/鷲尾	Lバンド
27-A-D2	サブピコ秒パルスラジオリシスによるナノ空間反応初期過程の研究	産研/北大	古澤/岡本	Lバンド
27-A-D3	超分子の放射線化学	産研/産総研他	藤塚/大内	Lバンド コバルト
27-A-D4	ナノエレクトロニクス用高分子材料の反応素過程	産研/北大	山本/岡本	Lバンド コバルト
27-A-D5	フォトカソードRF電子銃ライナックによるスミス；パーセル効果の研究	産研/三重大	楊/松井	RF 電子銃
27-A-D6	水溶液の放射線誘起スパー反応研究	産研/東北大	室屋/越水	Lバンド コバルト RF 電子銃
27-B-C1	電強度テラヘルツ波照射による非線形光伝導応答の探索	レーザー研	中嶋 誠	Lバンド
26-B-C2	Lバンドライナックおよびコバルト60を用いた、中性子画像計測器の性能評価	レーザー研	有川安信	Lバンド コバルト
26-B-C3	電離放射線の生体影響の解析	RIセンター	清水喜久雄	コバルト
27-B-C4	ガンマ線照射における核融合炉材料のダメージ評価	レーザー研	山ノ井航平	コバルト
27-B-C5	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
27-B-C6	電子スピン共鳴（ESR）法によるγ線照射効果の研究 放射線を利用したソフトマテリアルの機能化	理学研究科	谷 篤史	コバルト

27-B-C7	石英の OSL 特性についての研究	理学研究科	山中千博	コバルト
27-B-C8	有機結晶の制限空間におけるガンマ線をトリガーとする立体特異反応の開発	工学研究科	久木一朗	コバルト
27-B-C9	放射線を利用したソフトマテリアルの機能化	工学研究科	西嶋茂宏	コバルト
27-B-C10	先端マイクロ波分光による有機エレクトロニクス材料への基礎物性研究	工学研究科	佐伯昭紀	Lバンド

2-5-2 拠点共同利用・共同研究採択テーマ一覧

採択番号	研究課題	所属	申込者氏名	利用装置
27-J-1	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	若狭雅信	Lバンド
27-J-2	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	東北大学	超水正典	Lバンド
27-J-3	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	永井正也	Lバンド
27-J-4	大強度 THz FEL を用いた円偏光赤外分光法による固体電子状態の研究 (II)	摂南大学	東谷篤志	Lバンド
27-J-5	テラヘルツカメラを用いた ISIR THz-FEL の特性評価	日本電気株式会社	小田直樹	Lバンド
27-J-6	イオン液体中での電子およびホールのダイナミクス	金沢大学	高橋憲司	Lバンド
27-J-7	高強度テラヘルツ光照射による分子配向制御の研究	理学研究科	保科宏道	Lバンド
27-J-8	高分子系飛跡検出器内の放射線損傷形成構造	神戸大学	山内知也	Lバンド コバルト
27-J-9	ラジカルイオンの結合解離過程の研究	群馬大学	山路 稔	Lバンド コバルト
27-J-10	量子ビーム誘起によるナノ構造形成機構の解明と応用	北海道大学	岡本一将	Lバンド コバルト
27-J-11	低線量放射線による生体影響に関する研究	福井大学	松尾陽一郎	コバルト

27-J-12	パルスラジオリシス法を用いた非均質反応場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 RF電子銃
27-J-13	高精度放射線治療のためのナノ・マイクロ線量計開発	広島国際大学	林慎一郎	Lバンド R電子銃

2-5-3 企業共同利用・共同研究採択テーマ一覧

27-SJ-1	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/ダイキン	吉田/足立	施設利用
27-SJ-2	新型テラヘルツカメラの性能評価	産研/NEC	磯山/石	Lバンド