

## 入射器の現状

加速器第五研究系研究主幹 古川和朗  
(2020年5月11日付け)

### 概要

2020年度夏前の入射器運転に関して、残念ながら放射光施設のビーム運用は行われなかったことになったが、SuperKEKB 衝突実験の運用については、実験グループ Belle II が一つだけであるため、国際共同研究者による遠隔監視とつくばに滞在する研究者による運用によって実験の続行が可能となっており、ビーム入射を継続している。昨年中の SuperKEKB フェーズ3の初期運転において、Belle II 検出器へのビーム・バックグラウンドについての理解が進み、さらに秋の運用においては、衝突点の垂直方向のベータ関数が設計値の3倍まで近づく1mmにまで絞られてきたため、衝突効率、ルミノシティが向上している。今年に入ってから、陽電子と、引き続いて電子についてもクラブ・ウエスト衝突を試み、衝突の安定度を向上させることに成功している。なお、クラブ・ウエストは、より小さい衝突点ベータ関数に向けて、今後とも適用できるかどうかはまだわからない。

同時に入射器に対しては、精度の高い衝突の維持のために、エミッタンスやエネルギー幅など入射ビームについての品質の要求が厳しくなっている。さらに、蓄積ビームの寿命が電子で30分程度、陽電子で10分程度と短くなっているため、入射ビームの量についても徐々に要求が高まっている。これらの要求に対応するための入射器の性能向上も期待されており、新型コロナウイルスの感染対策も取りながらも、装置やビーム性能の日々の改善や、夏の停止期間における改造の準備作業も進めているところである。例

えば、一昨年から進めてきた加速管の更新計画についても、製造された加速管の大電力コンディショニングを始めており、夏の停止期間に一部の交換が可能になると思われる。

### 入射器 20 万時間運転

KEK 電子陽電子入射器は、1982年からフォトンファクトリー (PF) 放射光実験施設への電子入射運転を始めた。以来、TRISTAN, PF-AR, KEKB, SuperKEKB への入射を重ね、運転期間は39年目を迎えている。その総運転時間(加速管への高電界印加時間)について5月7日の午前8時50分03秒に20万時間が達成された。先輩方の積み上げて来られた運転成果を引き継いで、20万時間運転の節目を迎えられたことは、我々が大変誇りに思うところである(図1)。新型コロナウイルスなどのために特に行事は予定されなかったが、ビデオ会議を通してモーニング・コーヒーで乾杯し、祝うことができた。

電子陽電子入射器は1978年に建設を開始し、上にも書いたとおり、1982年からPFへの2.5 GeV 電子の入射を開始した。並行して1981年にTRISTAN 電子陽電子コライダー計画が認められたため、陽電子生成用入射器を建設し、1986年からTRISTANへの2.5 GeV 電子・陽電子の入射を開始した。また、1992年から低速陽電子施設も運用を始めた。さらに、1998年からはKEKB 電子陽電子非対称エネルギーコライダーへの8 GeV 電子と3.5 GeV 陽電子の入射を行い、2バンチ入射や連続入射などのさまざまな加速器技術の開発が行われた。東日本大震災による大きな

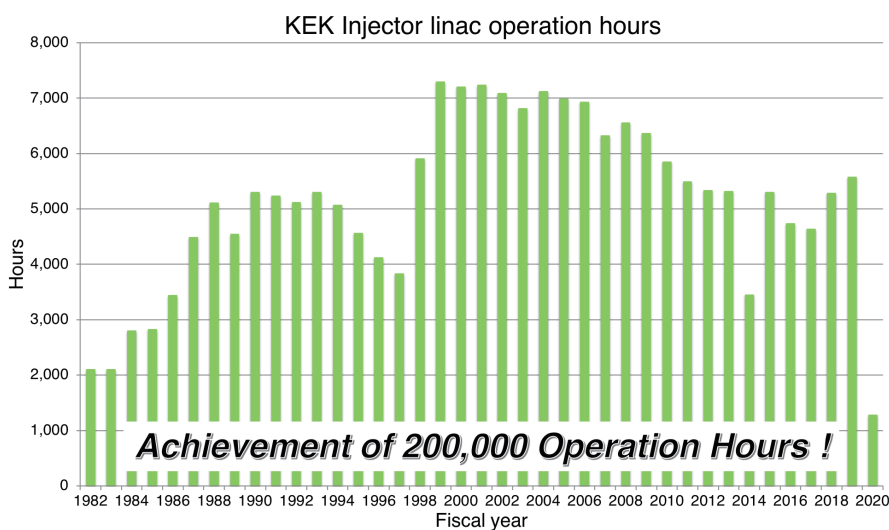


図1 1982年から積み上げた運転時間。足し合わせると20万時間になる。

被災があったが、その後大幅な改造を経て 2016 年からは SuperKEKB への 7 GeV 電子と 4 GeV 陽電子の入射を続けており、2019 年からは PF と PF-AR 両放射光施設を含めた 4 リング同時入射により、飛躍的な実験効率向上に貢献している。

### 入射器の体制

4 月から、岡安雄一氏が高輝度光科学研究センター (SPring-8) から 5 系のマグネット・真空グループへ異動・配属になり、岡安氏は電磁石・真空だけでなく、アライメントやビームモニターも含めた幅広い経験を積まれているので、今後入射器の性能向上や運転に活躍していただくと期待している。また、2006 年から 5 系制御グループに所属していた倉品美帆氏が、6 系に異動した。新しい職場でさらに活躍していただきたいと応援している。さらに、昨年度後半からは、中山久義氏と染谷宏彦氏に 5 系の研究開発に参加していただき、既に電子入射機構や磁場測定などの重要な分野で成果を挙げていただいている。

## 入射器の現状

加速器第五研究系研究主幹 古川和朗  
(2020年7月31日付け)

## 概要

2020年度夏前の入射器の運転に関して、5月8日及び14日にそれぞれ開始が予定されていたPFとPF-AR運転は、新型コロナウイルス感染拡大対策のため中止された。しかし、秋の本格運転の正常化を見据えて、6月後半の2週間について、PFの入射運転が実施された。一方、SuperKEKB向けの入射運転については、実験グループBelle IIが一つだけであることから、2月末からの運転を予定通り継続していた。従って、PF入射運転の立ち上げはSuperKEKB運転中ではあったが、同時トップアップ機構により、お互いの影響は最小限となり、独立な入射運転調整を行うことができた。いずれも7月1日まで入射を継続した後、7月3日までは入射器・ダンピングリング・ビーム輸送路向けの試験運転を行った。

SuperKEKBの運転は比較的順調で、今期から始めたクラブ・ウエスト衝突を、3月にLERリング、そして4月にHERリングに適用することができた。Belle II検出器でのバックグラウンド信号には苦しんだが、安定化したクラブ・ウエスト衝突の下で、コリメータの慎重な調整や色収差を含む光学補正により適切な衝突条件を探し、6月下旬には世界最高ルミノシティである $2.4 \times 10^{34} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ に到達することができた。来期の衝突条件向上に向けて、既に世界最小であった1mmの衝突点ベータ関数のさらなる収束も試み、0.8mmでの安定な衝突が可能なが確認された。

入射器のビームの安定化、低エミッタンス化については、さまざまな努力を試み、以前は短時間しか維持できなかったビーム品質が、比較的長く維持できるようになり、それによって浮き彫りになってきたより繊細な課題に取り組むことが可能になってきた。以前から行われていたが、RF電子銃のレーザ光位置、ビーム電荷、マイクロ波強度・位相、ビーム軌道、ビームエネルギーなどの安定化機構の整備が進み、同時トップアップ入射での技術的課題も解消されてきた。

夏の停止期間には、陽電子生成用フラックスコンセントレータの更新に伴い、これまでの知見に基づいたビームモニタや補正電磁石の追加も予定されており、より安定性・柔軟性の高いビーム加速が期待される。メインリングへのビーム輸送路の後半でのエミッタンス悪化について、いくつかの仮定に基づく調査も進んでおり、解消すれば入射の安定性の理解も進むと思われる。

## 入射器の運転形態

昨年5月から4+1蓄積リング同時トップアップ運転が

行われているが、この形態の運転が始まってからは、入射器の加速装置が常時連続して運用されている。そのため、ビームを加速しない時間が無くなり、装置の健全性の確認操作を行う時間の確保が困難になった。故障率の増加も懸念されるが、装置の特性確認を適切に行うことができないと、夏の長期停止期間での保守作業が適切に行えない可能性も心配される。

特に影響が大きいのは大電力クライストロンの寿命の見極めである。入射器に60台設置されている50MWパルス・クライストロンは、年に5台ほどが寿命を迎える消耗品であるが、適切に寿命が予測できない場合には、運転時間中に交換を行うことになる。その場合、全体で3台ほど存在する冗長性のためのクライストロンを割り当てるが、設置場所や真空維持などのさまざまな条件により数日間運転を停止せざるを得なくなる場合もある。消耗品である大電力クライストロンの寿命を決める要素の一つが熱電子陰極の活性度であり、その健全性の判断の前段階として、デバッグ試験と呼ばれる数分間の測定を、以前はビーム運転の隙間を見つけて行っていた。この時間が確保できなくなったために、入射運転終了後に専用の時間を確保する必要が生じた。

クライストロンの寿命見極めの他にも、さまざまな機器の保守の最適化や、次の運転期間に向けた改造作業のためのビーム測定を含めて、入射器・ダンピングリング・ビーム輸送路向けの2日間の試験運転を行うことにした。今期は初めて入射運転後、停止期間前に明確な試験運転時間の割り当てを行ったが、思った以上に有効に時間を使うことができた。今後も長期停止期間前にこのような試験運転時間の割り当てを行う必要があると考えている。

また、運転形態に関しては、2週間毎の加速器定期保守と入射器ビーム開発運転（ビームスタディ）の割り当ての変更も行うことになった。5月初旬までは加速器定期保守は2週間毎の木曜日に行われ、それとは独立に毎週水曜日に入射器ビーム開発を行っていた。しかし、定期保守後のSuperKEKBリングの運転調整について、衝突点のベータ関数が小さくなるに従って、ビーム光学補正に必要な時間も長くなり、10時間程度を必要とするようになってきた。深夜から早朝にわたる調整運転は担当者に過大な負担を強いることになる。さらに加速器の障害が重なってしまうと、調整運転が土曜日にずれ込むことになってしまう。

このため、運転形態の見直しが行われ、その結果、加速器定期保守日を2週間毎の水曜日に移動させ、その後の夜間の運転は入射器ビーム開発運転に割り当てることとした。その後、木曜日の朝からSuperKEKBリングの運転調

整を行い、順調であれば準夜の途中には実験データ蓄積が可能となる（定期保守の無い週の水曜日は以前と同様に入射器ビーム開発運転に割り当たるが、実際には実験データ蓄積のために入射運転を継続することが多い）。

5月の中旬からこのような加速器定期保守と入射器ビーム開発運転の割り当ての試験を行い、順調に経過したので、秋の運転からは本格的に採用することになる。

### 加速管マイクロ波の安定化

入射器のビーム加速に使われるマイクロ波の測定について、SuperKEKBの建設時に、同時トップアップ入射に対応した機能向上が図られ、主要な接続点について安定化フィードバック機構が整備されてきた。実際、気温や様々な装置の状態によりマイクロ波が影響を受けるので、低エミッタンスビームの安定化にはマイクロ波の安定化が欠かせない。

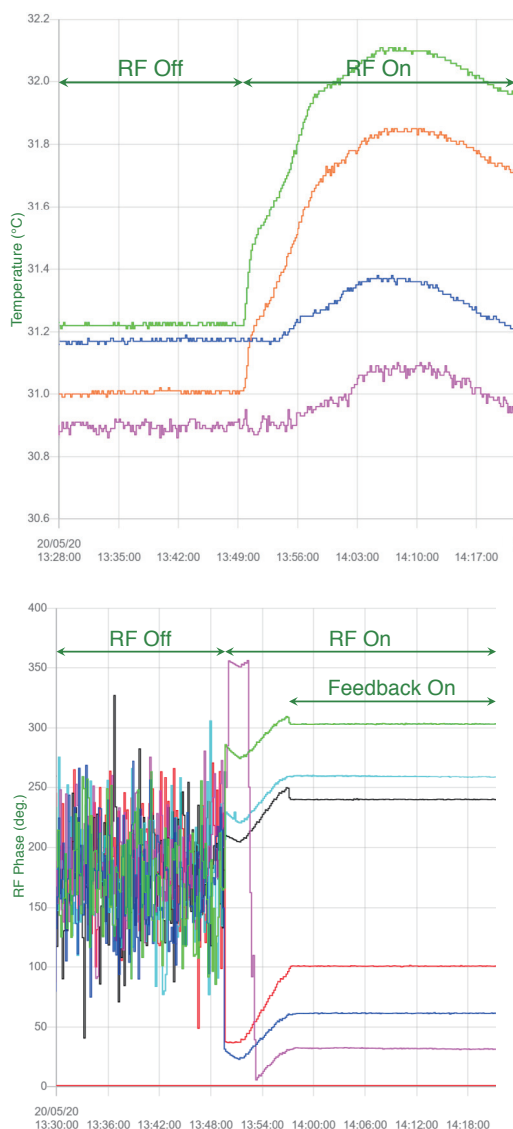


図1 マイクロ波を投入した際の加速管の温度の変動（上）、及び同時刻のマイクロ波の変動とその後の安定化の効果の様子（下）。ビームが感じるマイクロ波が安定化されている。

通常、加速管の冷却水温の変動量は0.1度以内に維持されているが、もしも冷却水温が範囲を超えて変化した際にはビームが感じるマイクロ波が大きく変化し、ビーム特性が維持できなくなってしまう。特に、なんらかの障害により人員が加速器トンネルに入域する場合は、放射線を避けるためにマイクロ波の発生を一度停止させ、人員が退域してから再度マイクロ波を投入するので、加速管の温度が変動し、1時間から2時間ビーム運転ができなかった。

そこで、このような場合に、加速管を通るマイクロ波を測定し、積極的な安定化フィードバックにより温度による変動を補償することにした。図1では、マイクロ波を投入した際に、加速管の温度が大きく変動し、ビームの感じるマイクロ波も影響を受けている。その後、安定化フィードバックを起動することにより、温度の変動を補償できていることがわかる。この機構により、入射器の障害からの回復が迅速化されると期待される。

### 入射器の運転統計情報

入射器の昨年度までの運転統計が図2のように集計された。このうち、故障率は入射可能な場合も含む装置の故障を意味し、ビーム停止率は入射が不可能となる故障を意味する。2017年度までの建設期間が終了し故障率の上昇が2018年度に止まったが、2019年度には同時トップアップ入射を開始したことにより、少し故障率が上昇してしまった。運転の状況を監視しながら、新しい装置や新しい運転方法を適切に調整すれば故障率を下げられるものと期待される。

故障時間の内訳については、マイクロ波、制御、電子銃、タイミング、電磁石などが多く、一部は老朽化も心配されている。運転の状況を監視しながら、新しい装置や新しい運転方法に適合して、適切に調整すれば故障率を下げられる部分も多いものと期待される。

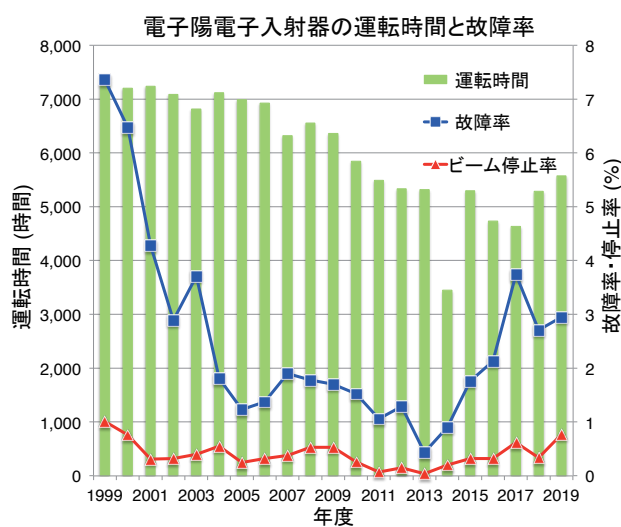


図2 2019年度までの入射器の運転統計

## 入射器の現状

加速器第五研究系研究主幹 古川和朗  
(2020年11月6日付け)

## 概要

2020年度夏期の停止期間は、7月3日から9月27日まで確保された。この間に、熱電子銃とRF電子銃の合流部のパルス偏向電磁石や収束電磁石の交換があり、陽電子50 Hz入射を含めたより柔軟なビームパルス配分による同時トップアップ入射が可能となった。また、陽電子生成用フラックスコンセントレータの更新に伴って、これまでの知見に基づいたビームモニタや補正電磁石の追加を含む陽電子捕獲部の改造が行われ、より安定性の高いビーム加速が期待される。低速陽電子実験施設についても、通常の保守作業の他に、放電予防・安全性維持のため電子銃の高電圧ケーブルの交換が行われた。9月28日から始まった安全自主点検に引き続く立ち上げ作業は順調に推移し、各蓄積リングへの入射状況を観測しながらさらなる改善を進めている。新型コロナウイルスにより夏前に充分運転時間が確保できなかった放射光施設に向けてできるだけ早くビームを供給するために、例年より短い立ち上げ時間となり、RF電子銃空洞のコンディショニングに時間を要したことも災いして、SuperKEKB向けの電子ビームの調整時間が充分ではなかった。SuperKEKBメインリングへのビーム輸送路の後半でのエミッタンス悪化については、明確な原因が掴めていないが、夏期の調査により装置の問題の可能性が低くなってきた。現実的な装置の動作点の誤差を含めたビームシミュレーションにより、いくつかの仮定に基づく悪化再現の調査も進んでおり、理解が進めば、解消も可能となるのではないかと期待される。当初は重視していなかったビーム輸送路におけるビーム測定装置の増強も、今後は期待される。

## SuperKEKB 加速器審査委員会

本年の審査委員会は、新型コロナウイルスの影響により内容を厳選したビデオ会議開催となり、全ての委員に参加していただき、7月15日に我々からの報告と質疑、20日に講評が行われた。入射器からは、入射器全般の報告とビーム輸送路によるエミッタンス増大の報告が行われ、集中した活発な質疑討論となった。

今回は入射器に対する意見はいつもの年に比べると少なく、全般的には、積極的な検出器バックグラウンド低減の努力を求められた。この一年間の入射器とビーム輸送路でのエミッタンス抑制の努力は評価されたが、最終目標に早期に近づくよう求められている。そのためのこの夏の改造を含めた計画が支持された。エミッタンスを維持しながら、ビーム電流を目標に近づけるためのあらゆる努力を惜しまないよう求められている。

特に今回、目新しい提言が得られたわけでは無いが、日々の装置やビームについての開発に追われる中、まとまった報告を行い、確認し合う良い機会となっている。今回は日本時間の夜間に行われたが、米国西海岸の委員には厳しい時間帯となり、新型コロナウイルス対策として今後どのように対応するのか検討も必要と思われる。

## 夏期加速器停止期間の改善点

今回の夏期停止期間は長くはなかったが、改造項目としては多岐にわたり、高い密度となった。そのため、一部の作業を冬期の停止期間に繰り越さざるを得なかった。入射器のビームの安定化、低エミッタンス化については、さまざまな努力を試み、以前は短時間しか維持できなかったビーム品質が、比較的長く維持できるようになり、それによって浮き彫りになってきたより繊細な課題に取り組むことが可能になってきた。これをさらに進展させるためにも、時機を逸さない装置の機能向上も重要である。

RF電子銃のレーザーシステムに関して、レーザー光の形状の補正と安定化のために回折光学素子(DOE)を導入し、生成されるビームの形状、位置、さらにはビームエミッタンスの安定化が期待される。また、以前から運用されてきたレーザー光の光量と位置の安定化機構も改善更新され、これもビームの安定化に繋がると期待される。レーザーの同期用の複数の信号の位相管理を、マイクロ波全体の分周通倍装置の移相器管理と統合し、より安定で誤りの無いビーム制御を狙う。

RF電子銃向けの3系統のレーザー装置のうち、予備を除く2系統をそれぞれ25 Hzで動作させることにより50 Hzのビーム発生が可能となるが、25 Hz以下のビームを発生する場合には、一方のレーザー光を光陰極表面のクリーニングに使用することが可能となるような仕組みが整えられた。これにより、レーザー光の出力不足が避けられ、また運転員のビーム改善への集中が可能となるため、本格的な運用を期待している。

さらに第2RF電子銃の整備も進められ、直ちに入射に使用されるわけではないが、ビーム試験などを通してビームの改善の理解が進むと期待される(図1)。

熱電子銃に関して、春の運転時を含めて過去にも高電圧破壊を経験した高圧ケーブルを全数交換し、十分な安全係数を確保することにした。同じ対策を低速陽電子電子銃にも適用した。

RF電子銃と熱電子銃の24度合流部において暫定的に使用されてきたパルス偏向電磁石には、チェンバーの発熱により熱電子銃側に繰り返し制限があったが、パルス偏向電

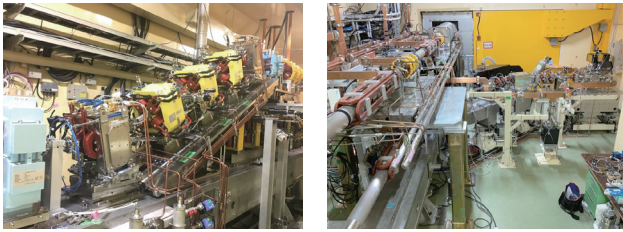


図1 第2 RF 電子銃を含めた2階建ての入射部と、2つの電子銃の合流部

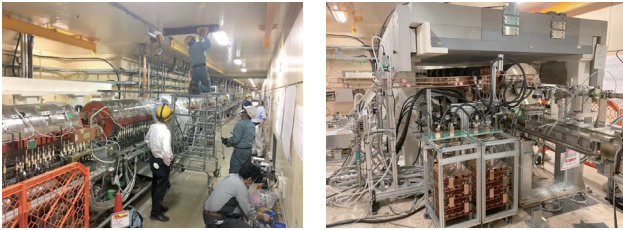


図2 陽電子捕獲部の改造作業と、再度組み上げた遮蔽に覆われたフラックスコンセントレータ

磁石2台と光学補正用の4極電磁石3台、ビーム位置モニタ2台により、改善を進めた。これまで、電子と陽電子を合わせて50 Hzの運転が可能であったが、RF電子銃の改善と合流部の改善の双方により、それぞれ単独での50 Hz運転も可能となり、精度が高く柔軟性も高い同時トップアップ入射が可能となる(図1)。

陽電子生成部に関連しても様々な改造も行われた。生成陽電子収束のためのフラックスコンセントレータ(FC)については、これまでテストスタンドでの試験が成功しても2年にわたり放電を経験し、運用磁場を1/4に制限してきたことから、材質が充分でないと考えられた。NC50というCu-Si-Ni合金を用いた新規FCが試験の結果良好であり、今回置き換えを行ったところ、定格値での運用が可能となった。FC下流のソレノイド部の軌道の歪みがビーム損失に繋がっている可能性があり、これまで装置間の干渉を恐れて最低限としてきた軌道補正パルス電磁石とビーム位置モニタを、それぞれ4台ずつ増設した。既にタイミング調整や較正を終え、ビーム改善に繋がっている(図2)。

入射器内のビーム収束用4重極電磁石について、これまでビーム形状を円形とするためにトリプレットの運用としてきたが、ビームサイズや磁場勾配強度の条件としてはダブルレットでも運用可能であり、夏前のスタディの結果にも問題が発見されなかったため、ダブルレット接続に移行した。これによって、将来軌道補正電磁石を増設することも可能となる余裕も得られた。また、一部の旧式でリップルの大きな大型電磁石電源の更新が行われた。

### 新規加速管のコンディショニング

これまで報告してきたように、入射器で約230本使用されているSバンドの2m加速管の劣化が進んでいるため、SuperKEKBで $\Upsilon(6S)$ などのより高いエネルギーの共鳴での衝突が不可能になっており、また通常行っている

$\Upsilon(4S)$ での衝突実験やPF-ARの入射についても、将来が脅かされている。そこで、60の加速ユニットを3つの領域に分け、それぞれの領域に1つの故障ユニットが生じても運転を継続できるような想定で、7%の加速管を交換する予定である。2年前から新しい加速管の設計製作を進め、第一弾が納入されたので、試験を開始している。7%の加速管だけを交換することにより、劣化した加速管での加速を補う必要があるため、既存の加速管の加速勾配に比べ、新規加速管は高い勾配での加速を期待している。また、運転投入を容易にするためにコンディショニングの速さも重要な観点となる。

6月から始めた試験においては、予想どおりまたは予想を上回る性能が確認され、ダミーロードの許容電力のため最大電力は確認できていないが、102 MWまでの電力の投入が可能であった(図3)。冬の停止期間に運転向けの投入が期待される場所である。当初は他の健全加速管と同じ40 MWでの運用を行う。

旧クライストロン準備室の試験設備を利用して試験を開始したところであるが、さらに昨年火災により被災した加速管組立室の試験設備も復旧が進んでおり、双方を用いて今後納入される加速管のコンディショニングを進める予定である。これらによって、2年半の後には $\Upsilon(6S)$ の共鳴での衝突実験に手が届くようになる。なお、入射電流も向上しており、電流が高くなると、性質の良いビームにはビームローディングなどによりエネルギーの制限が厳しくなるので、慎重な検討も必要となる。

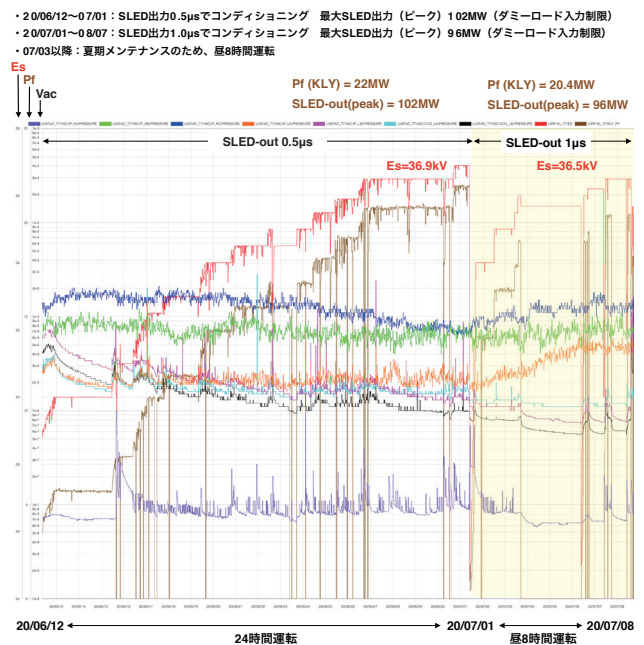


図3 加速管コンディショニング時の印加電圧、マイクロ波電力、真空値(放電状況)の記録、期待通りまたは期待以上の速さでの正常な進行が確認された。ダミーロードの許容値の102 MWまでの電力の投入が可能であった。

## 入射器の現状

加速器第五研究系研究主幹 古川和朗  
(2021年1月26日付け)

### 概要

2020年秋期の運転においては、夏の停止期間における装置や運転機構の改善作業の効果により、ビームの品質と安定度の向上が見られた。放射光施設と SuperKEKB の4つの蓄積リングへの同時トップアップ入射についても、順調に継続されている。陽電子生成標的直後の陽電子収束用フラックスコンセントレータの交換やその後の陽電子捕獲部の改造は、陽電子ビームの大きな改善に繋がった。SuperKEKB へのビームパルス割り当てを減らすことも可能となり、結果として放射光施設入射への影響も抑えられている。SuperKEKB メインリングへの入射が最善ではない理由の追求の一環として、ビーム輸送路での OTR スクリーンモニターやワイヤスキャナによるビーム観測の改善にも協力しており、ビーム光学特性の理解が進化した。入射器内老朽化加速管の対策として、2022年度までに一部の劣化の激しい加速管の交換が予定されており、この冬の停止期間において最初の1ユニット4本を交換を実施し、大電力試験も成功した。また、今後パルス電磁石の増設を可能とするために、既存電磁石などの装置の移動を計画的に進めている。さらなる入射ビームの改善として、入射器内のビーム光学関数の補正とその安定化が必要と考えられ、新規の装置も組み合わせて検討を進めている。

### 陽電子ビームの改善

標的から大きなエミッタンスを持って生成される陽電子について、その収量の向上を狙い、標的直後において強力な磁場で収束させるために、フラックスコンセントレータ (FC) と呼ばれるパルスソレノイドを設置している。これまで加工硬化などの複数の対策を施し、試験スタンドにおいては FC の設計磁場を長時間維持することができても、ビームラインに投入すると放電してしまう状況が2回続いていた。設計磁場の約5テスラは12kAのソレノイド電流と0.2ミリメートルのコイル間隙を必要とするが、放電のために約4分の1の電流に制限してきた。メインリングの蓄積電流が小さいため、大きな障害にはなっていないが、早い時期の解決が期待されていた。

そこで次の対策として、ソレノイド材質を無酸素銅から銅ニッケル合金に変更し、導電率を少し犠牲にしても硬度を確保することにした。これまで同様に試験スタンドでの長期試験を経て、秋からビーム運転への投入を行った。

また、ビームシミュレーションに比べて、陽電子収量が少ないことがわかっており、まだフラックスコンセントレータの直後の加速管の加速電圧が設計値まで上げられてい

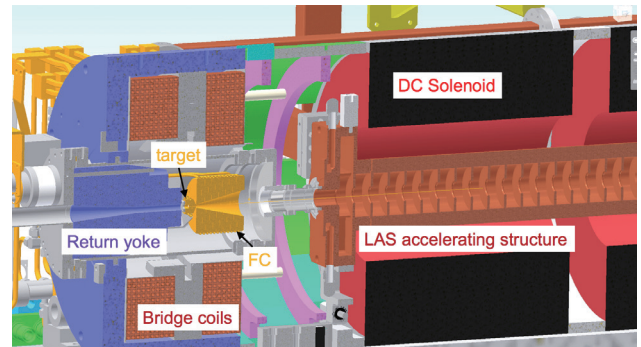


図1 標的、フラックスコンセントレータ (FC)、直流ソレノイド、等から構成される陽電子捕獲部

ないものの、他にもいくつかの原因が推測されていた。例えば、加速管の外側に設置されている直流ソレノイドのコイル端面を含めた磁場のアライメントも懸念されていた。さらに、これらの陽電子捕獲部の構造が複雑なため、干渉を恐れて、ビーム位置モニターや軌道補正電磁石が設置されていなかったことも影響していると推測された。

そこで夏の停止期間のフラックスコンセントレータの交換に併せて、陽電子捕獲部 (図1) を解体し、軌道補正電磁石を4台とビーム位置モニターも2種類4台を設置して、ビーム軌道を最適化することにした。ビーム位置モニターのうち1種類は対生成で生じる陽電子と電子を分離するためのシケイン電磁石の前に設置したために、今後の読み出し技術の開発が期待されている。

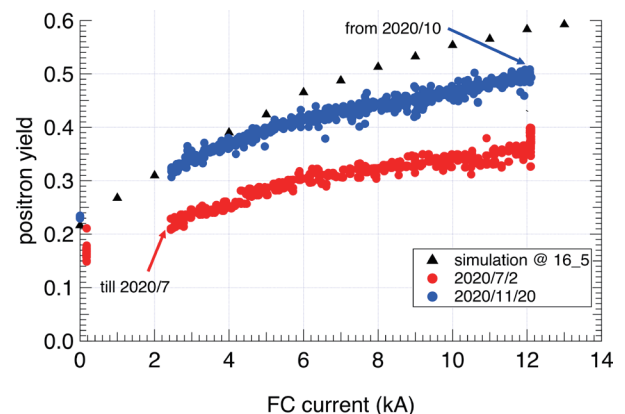


図2 陽電子捕獲部における陽電子の収量、つまり入射一次電子に対する捕獲陽電子の粒子数比。夏以前の運転 (赤)、秋の運転 (青)、及び加速勾配が少し高いシミュレーション結果 (黒)。

秋期の運転を開始してから、慎重に電流を増加させたところ、新しいフラックスコンセントレータには放電を発生させずに設計値の 12 kA を導入できることがわかり、陽電子の収量が増加した。さらにビーム調整を進め、ソレノイド内での生成陽電子の螺旋運動を考慮した軌道調整を行ったところ、大きく陽電子を増加させることができたことがわかった。

ビーム開発の時間が十分には確保できていないので暫定の調整ではあるが、双方の改善により、陽電子の収量は約 2.4 倍になっている (図 2)。今後、シミュレーション条件を合致させ、精度を向上させるとともに、遠くないうちにソレノイド中の陽電子の挙動の改善をさらに進めて、陽電子収量の最適化を図る予定である。

### 新規加速管の設置

入射器に設置されている約 230 本の 2 m 加速管のうち、製造から約 40 年を経過した約 150 本について、KEKB 計画以降は、当初の設計値を大幅に上回る加速電界を発生する状態で運用されてきており、劣化が激しくなっている。SuperKEKB においては高い共鳴状態に到達できないだけでなく、放置すれば現在の衝突エネルギーも維持できなくなったり、PF-AR 6.5 GeV 入射が不可能になることも懸念される。

そこで新しい加速管を製造し、最初の 4 本の加速管を昨夏から試験ベンチにて試験してきたことを既に報告してきたが、予想を上回る成績が得られており、この冬の停止期間に #44 ユニットの老朽加速管を置き換えることになった。現在最初の真空作業を終え、冷却水配管などを進めているところである。取り外した古い加速管はより低い電界でも運用可能な場所に移動させる。

新しい加速管では、精度の高い電磁場設計により、放電などの困難を避けながら加速電界の向上が期待でき、製造方法としてはロウ付けを採用している。以前の加速管は電鍍方式で製造されたが、現在はこの技術は維持されておらず、カプラー周りなどの接合方法が複雑なこともあり、現

在では費用は下げられないことがわかっている。電鍍加速管は外からステンレスのジャケットを被せて冷却水を通していたが、ロウ付け加速管は内部に冷却水路を持っており、また個々の空洞に同調調整用のくぼみがあるので、見栄えが大きく異なっている。

1 月 25 日に現場で最初のマイクロ波の投入を行い、問題なく成功することができた。さらに、2 月 2 日からの立ち上げ運転でビーム性能を確認した上で、他の機器も含めて入射運転向けの動作点の最適化を進める。その後、2 月 15 日からの入射運転を迎える予定であり、7 月までの安定運転を目指すことになる。



図 3 #44 ユニットに設置された 4 本の新規の加速管