

### 概要

2015年1～3月には、PF Ring 及び PF-AR の放射光施設への電子入射運転や低速陽電子施設のユーザ向けビーム運転は行われなかった。この停止期間を有効に利用することもあり、当初は限定的な入射器単独試験運転が予定されていたが、4月からの年度に向けた準備作業に専念することとした。特に、新規開発の低エミッタンス RF 電子銃の補完として、陽電子発生向けの熱電子銃の試験も計画しており、その準備作業を進めている。さらに、陽電子発生装置の運用に向けた、最適化の改造を進めている。入射器下流部においては、4月13日から始まる PF Ring への電子入射に備えている。

### 陽電子発生装置の最適化

入射器棟内1セクタ部に設置した SuperKEKB 向け陽電子発生装置については、KEKB に比べて、4倍強の電流増強(4 nC/バンチ, 100バンチ/秒)と3.5 GeV から4 GeV へのエネルギー増強が求められる。エネルギーを得るため、陽電子の加速ユニットを増やす必要があり、陽電子発生のためのタンダステン標的位置を40 m 上流に移動した。一

次電子のエネルギーがその分下がり、陽電子発生効率が下がってしまうが、誘導による強磁場を作るフラックス・コンソレトレータと新設計の大口径の加速管や、より長い連続ソレノイドと連続四重極電磁石によって、陽電子捕獲効率を向上させる。

2014年の6月には、新しい装置のもとで陽電子の発生を確認することができたが、電力などが制限のある条件下での試験であったので、今年度はそれぞれの装置の電場や磁場、それに対応する冷却水などを設計値に近づけるべく増強し、装置の運転パラメータの最適化を行う必要がある。

また、増大する地上方向への放射線を制御するために、陽電子標的の上方に遮蔽を追加する必要がある(図1)。今回の1～3月の停止期間中に設置した遮蔽は20 cm の鉄であるが、徐々に追加して、シミュレーション結果とそれぞれ比較することにより、より正確な放射線制御を行うことを考えている。また、それぞれの段階で、必要な放射線発生装置の申請と施設検査を行う予定である。まず、夏に向けては200 nA の一次電子の申請を行っている。

### 熱電子銃の再配置

SuperKEKB 計画に向けた低エミッタンスで大強度の電子の発生のためには、RF 電子銃を使用する予定であるが、陽電子発生のための一次電子としては、低エミッタンスである必要はなく、熱電子銃の利用も視野に入れている。しかし、電子銃の設置空間が狭く、これまで RF 電子銃と熱電子銃を両立させる装置配置を決めかねていた。そこで、今回の1～3月の停止期間を利用して追加工事を行い、RF 電子銃の後方に温存されていた熱電子銃を75 cm 上方に移動させ、双方のビームを偏向電磁石で合流させることにした(図2)。

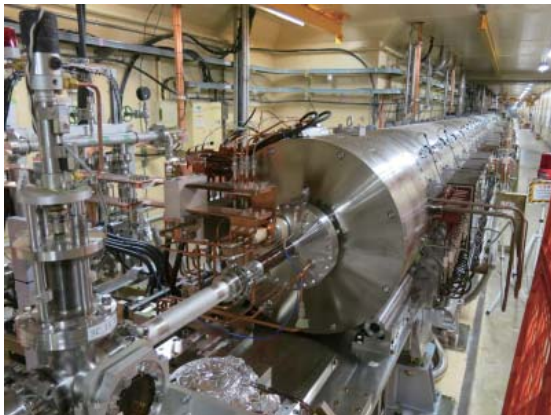


図1 陽電子発生装置(上)と、その上に設置された遮蔽(下)。現在の遮蔽は鉄20 cm。

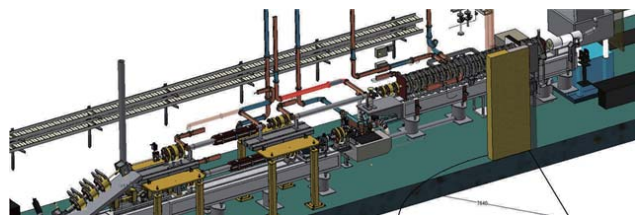
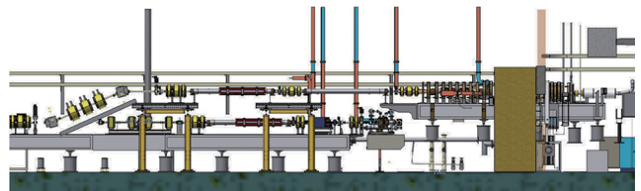


図2 電子銃部再配置の側面図(上)と鳥瞰図。ビームラインの下段がRF電子銃、上段が上方に移動した熱電子銃。

RF 電子銃を用いて、SuperKEKB 用電子、陽電子発生用大電流一次電子、PF・PF-AR 入射用電子など、性質の異なる電子ビームを全て発生させることも可能である。しかし、大電流電子ビームについては、低エミッタンスビームを利用すると、装置を破壊しないようにするための安全装置を多重に確実に動作させる必要があるなど、機構が複雑になる。上の電子銃の再配置により、大電流電子や PF・PF-AR 用電子は熱電子銃で発生させるなど、双方を有効に利用できる可能性が拡がる。

## B ファクトリ計画の評価委員会と RF 電子銃の評価委員会

毎年開催されている SuperKEKB B ファクトリ計画の評価委員会が、今年は 2 月 23 日から 3 日間開催された。KEKB の評価委員会から数えて 20 回目となった。長きにわたり委員長を務めていただいた Jefferson Lab の Hutton 氏は今回で委員長を退任されることとなった。Hutton 氏には様々な形で計画を助けていただき感謝を表したい。当初から外部委員はほぼ全員海外の研究所から招いており、今回も世界の先端研究を続ける委員から、リングコミッションに向けたこの時期に貴重な助言をいただいた。2 日間の報告のうち入射器関係では、アライメント、電子銃、陽電子発生、コミッション、などの最近の進捗を報告した。具体的には、アライメントに関しては震災の復旧と長基線に対する 0.2 mm 程度の測定精度の確立、電子銃に

については QTWSC 型 RF 電子銃空洞の成功や電子銃の再配置、陽電子発生に関しては新規の発生装置からの初めての陽電子の捕獲と加速、などについて評価を受けた。

これに先立つ週には RF 電子銃の評価委員会を開催した。電子入射器においては SuperKEKB 計画に向けた低エミッタンスで大強度の電子 (5 nC/バンチ, 100 バンチ/秒, 20 mm-mrad,  $\Delta E$  0.1%) の入射のために、大電流 RF 電子銃の開発を進めている。この評価をしていただくために、OIST の新竹 積氏に委員長にお願いし、7 系の本田洋介氏、SLAC の Gilevich 氏、JLab の Poelker 氏に委員をお願いして、評価をいただいた。現場での議論にできるだけ長い時間を割り当て、会議室での議論と合わせて、理解を深めることができた (図 3)。RF 空洞と光陰極の開発をほぼ終えているが、大電流・小エネルギー分散のビームを発生するための平坦な時間構造を持つレーザーの開発を継続している状態である。この点について、まずは、SuperKEKB の Phase-II 時期のバンチあたり 2nC のビームに集中して開発を行うように提案を受け、現在その方向に開発資源を移している。

## 新年度の入射器系

大沢 哲氏と設楽哲夫氏が 3 月末に定年を迎えられた。長年の入射器や加速器施設への多大な貢献について感謝を表したい。お二方にはこれまでの機構への貢献の大きさから、名誉教授の称号が贈られた。大沢氏には、4 月からも入射器の熱電子銃利用や、ビームコミッション、小規模計画の電子源などにご協力をいただく予定である。設楽氏はこれまでの経験を活かされ、研究支援戦略推進部に異動される。制御グループの一宮亮氏は IFMIF/EVEDA 計画に異動された。また、新人として、加速管グループに榎本嘉範氏、制御グループには清宮裕史氏がそれぞれ加わった。さらに、峠 暢一氏が運転管理グループに、舟橋義聖氏が加速管グループに異動された。それぞれの方々の加入が、放射光のユーザ実験向け入射と SuperKEKB の入射開始に大きな戦力となると期待している。



図 3 RF 電子銃の評価委員会での現場視察 (上) や委員会の様子 (下)。

## 概要

2015年4月には、PF Ring 放射光施設への電子入射運転や低速陽電子施設の調整運転が行われた。上流部においては、新規開発のRF電子銃の補完として、陽電子発生用一次電子に使用する熱電子銃の再配置作業を進め、放射線施設検査にも合格した。

## 電子入射器とアライメント

入射器のSuperKEKBに向けた改造においては、電子・陽電子の4倍強の電流増強と横方向と縦方向のビーム拡がりの縮小(エミッタンス20 mm-mradとエネルギー拡がり0.1%)が重要な目標となっている。それぞれの間には強い関係があり、さらにビーム・シミュレーションによれば、入射器全体のアライメント精度が0.3 mmで、10 m程度の短い区間での精度0.1 mmが達成されていると、目標の横方向エミッタンスの達成が可能であることがわかってきた。

アライメントを実現するためには、まず精密な測定が必要となるが、SuperKEKB向けの改造を始めた頃は、その達成方法に困難が見つかり、さらに震災により床の固定が破壊され、10 mmも機器が移動してしまった。実際、測定精度を上げるために良く使用される三角測量は、狭いトンネルの中で長い直線方向には精度が上がらない。当初は、複数の方法の測定で数mmの食い違いが観測されることもあったが、多数の試験測定結果を比較検討することによりアライメントの方針を議論し、まずは、30 mmほどの太さのレーザー光を500 mの真空ダクト中を通して入射器全体の測定を行い、狭い範囲についてはレーザートラッカーによる三角測量を行うことにした。また、精密変位計、水管傾斜計、剛体棒による方法も補助的に組み合わせて、精度の確認に使用している。

2014年夏には図1に示すような500 mにわたる測定に

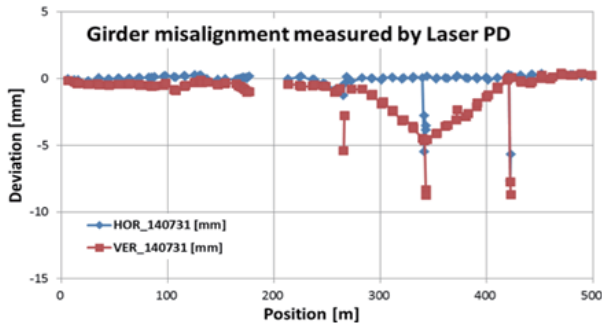


図1 Cセクタから5セクタの約500 m区間の2014年夏季作業でのアライメント測定。震災後初めての全体にわたる作業。横軸は検出器の番号で、ほぼ上流からの距離に相当。縦軸は信号電圧で、横方向の位置のずれに相当するが、検出器0番、120番付近で0.5 mm/V、60番付近で0.25 mm/V程度。青点が水平方向、赤点が垂直方向の情報。

より、震災後初めて入射器全体にわたるアライメントが行われた。さらに、測定・調整を夏季停止期間に複数回行った結果を図2に示す。仕様の倍程度の0.2 mmまでの直線性が得られる見通しは立ったと考えている。

さらに、2015年冬に一部の架台について震災復旧の最後の交換が行われ、アライメント作業とその検証が行われた。その結果、短期間であれば目標とするアライメントが達成できる可能性が高まってきており、当面のビーム特性が得られる自信は深めている。しかし、図3のように半年では2 mm近い機器の移動も観測されており、予想されていたことではあるが、数年後に達成すべき大電流・低エミッタンスビームを得るためには、ビームを使った軌道補正を中心にエミッタンスの管理を行う必要がある。また、遠隔・自動のアライメント測定・調整機構の導入が必要と考えられ、設計開発を進めているところである。

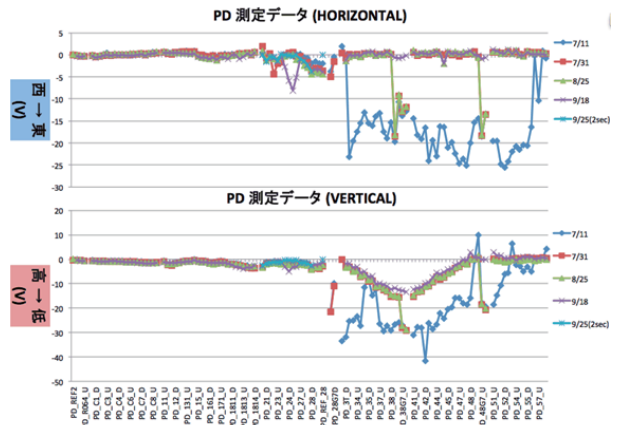


図2 前の図と同じ調整・測定を7月上旬から9月下旬まで複数回行った結果。

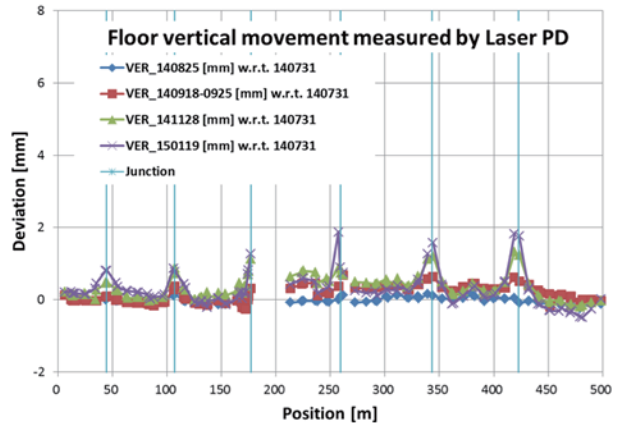


図3 2014年7月から2015年1月までの半年間、複数回行った垂直方向相対変位測定。

## 熱電子銃の再コミッショニングと施設検査

SuperKEKB 計画に向けた低エミッタンスで大強度の電子の発生のためには、RF 電子銃を使用する予定であるが、前回報告したように、陽電子発生のための一次電子としては、熱電子銃の利用も視野に入れており、RF 電子銃の後方に温存されていた熱電子銃を 75 cm 上方に移動させ、双方のビームを偏向電磁石で合流させることにした。電子銃の再配置により、大電流電子や PF・PF-AR 用電子は熱電子銃で発生させるなど、双方を有効に利用できる可能性が広がる。新規架台・支柱を制作し、電磁石や加速管・空洞は再利用して 6 月初めに作業を終えることができた (図 4, 5)。



図 4 (a) 地上ギャラリーでの 2 つのサブハーモニックバンチャ用と大電力 S バンド用のマイクロ波源の再配置。(b) 地下トンネルでの加速機器の一時撤去と架台の修復・構築。(c) RF 電子銃用ビームラインの再構築と熱電子銃ビームライン用の支柱の構築。(d) 新規架台を設置し、75 cm 引き上げた熱電子銃。遮蔽は未設置。(e) 200 kV 高電圧ステーションのある電子銃室から見た熱電子銃。手前は長基線アライメントレーザ。(f) 構築の進む RF 電子銃と熱電子銃の 2 つのビームラインの合流部。電磁石は再利用。



図 5 電子銃部再配置作業終盤、ビームラインの上段が上方に移動した熱電子銃、下段が RF 電子銃。

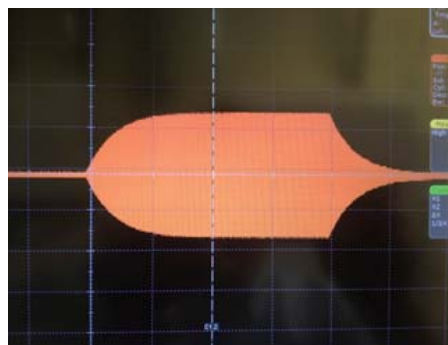


図 6 マルチパクターリングの発生を乗り越え、正常なマイクロ波波形を得たサブハーモニックバンチャ空洞。



図 7 さまざまなビーム条件で放射線測定が繰り返された。

熱電子銃は 5 年間休止状態であったので、以前の加速電圧に回復するまで放電等も予想されたが、立ち上げコンディショニングを行うソフトウェアを用意して、準備を整えていたところ、期待どおりの時間で立ち上げることができた (図 6)。

低電流ビームを用いて、それぞれの加速機器の動作確認やイベント・タイミング制御システムの調整、そして、ストリップライン・ビーム位置モニタ、横方向ビーム形状測定用のワイヤスキャナ、縦方向ビーム測定用ストリークカメラなどの較正を進めた。これらの結果を用いて、ビーム電流を徐々に上げながら、ビームバンチング用の 4 つの加速空洞の調整を繰り返したところ、徐々に期待されるビームが得られるようになってきた。また並行して、今後の電流増強時の放射線遮蔽の設計に必要な放射線の測定も繰り返された (図 7)。

まだ下流部のビーム調整は充分ではないが、600 m の入射器の終端まで、バンチ当たり約 2 nC の電子ビームが導かれている (図 8)。この場合には、電子ビームは #15 ユニットにある陽電子生成装置の標的脇の 2 mm の孔を通して加速される。まだ全ての加速機器が揃っていないが、エネルギーは 7 GeV を超えている。

さらに、電子ビームを陽電子生成装置の標的に一次電子を導くと、陽電子が生成され、ダンピングリング接続部の LTR のビームダンピングに導かれた (図 9)。今期は、陽電子捕獲効率を向上させるためのフラックス・コンセントレータの電源を接続していないので、陽電子変換効率は高くな

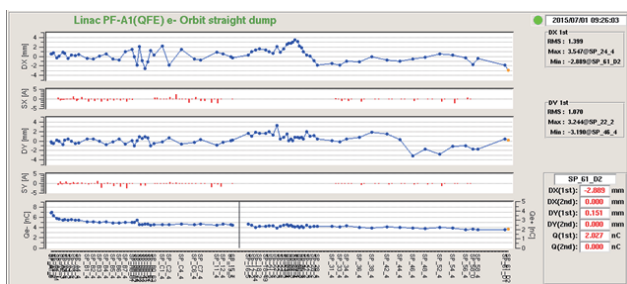


図8 入射器の終端まで導かれた電子ビーム。プロットは上段からビームの水平位置，垂直位置，及び電荷で，横軸は電子銃からの距離。まだビーム調整が充分ではない。

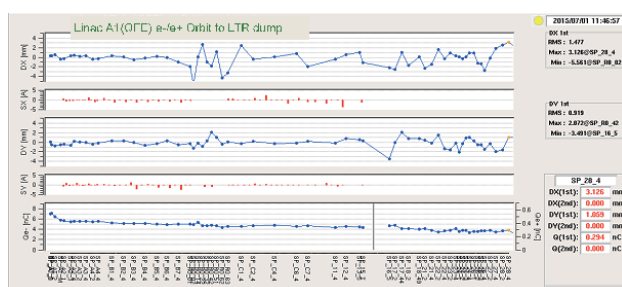


図9 入射器のLTR ダンプまで導かれた陽電子ビーム。電荷プロットの縦軸は標的前の電子と標的後の陽電子で変えてある。

い。また、ソレノイド他のパラメータの調整もまだ充分ではない。

これらのビームを用いて、放射線管理について、6月23日に機構内主任者検査，7月1日には施設検査を受け，合格通知を受け取った。これによって，陽電子標的上200 nAの電子ビーム，LTR ダンプには50 nAの陽電子ビームを導く許可を取得した。放射線科学センターのみならずには，特に陽電子標的の遮蔽の最適化に多大な時間を割いていただき，感謝を表したい。

### 昨年度の入射器運転統計

2014年度の運転統計によると，総運転時間は3448時間 で前年度比 - 35%であったが，この減少については予算の配分によるものであった。故障率は0.90%で前年度比 +0.47ポイントであった。故障率が上昇していることについては注視しているが，SuperKEKBの試験運転が本格化していることが原因と考えられ，過去と比較して良好な値である。この値は入射器自体の故障を表しており，PF・PF-AR入射に使用していない機器の故障や予備装置を使用した時間も含まれているため，全てが実際の入射へ影響したわけではない。近年の運転統計は表1のとおりである。

表1 近年の入射器の運転統計

	運転時間	運転達成時間	延故障時間		延故障回数		平均故障間隔時間 (MTBF)		平均故障時間 (MTTR)		故障率
	x (時間)	y (時間)	x-y (時間)		z		x/z (分)		(x-y)/z(分)		故障/x (%)
			故障	RF Trip	故障	RF Trip	故障	RF Trip	故障	RF Trip	
1999年度	7,297	6,499	537	261	1,888	69,994	232	6	17	0.22	7.36
2000年度	7,203	6,577	466	160	2,401	39,380	180	11	12	0.24	6.47
2001年度	7,239	6,839	310	90	1,304	21,420	333	20	14	0.25	4.28
2002年度	7,086	6,813	205	68	1,424	17,372	299	24	9	0.23	2.89
2003年度	6,815	6,500	253	62	2,259	17,462	181	23	7	0.21	3.71
2004年度	7,117	6,936	129	52	2,323	12,956	184	33	3	0.24	1.81
2005年度	6,988	6,846	86	56	1,752	12,467	239	34	3	0.27	1.23
2006年度	6,927	6,777	95	55	1,665	13,064	250	32	3	0.25	1.37
2007年度	6,322	6,148	120	54	1,914	12,684	198	30	4	0.26	1.90
2008年度	6,556	6,390	117	49	1,536	11,228	256	35	5	0.26	1.78
2009年度	6,362	6,193	108	61	1,316	13,443	290	28	5	0.27	1.70
2010年度	5,847	5,721	89	37	1,027	8,079	342	43	5	0.27	1.52
2011年度	5,492	5,301	58	133	766	38,258	430	9	5	0.21	1.06
2012年度	5,331	5,191	69	71	859	14,893	372	21	5	0.29	1.29
2013年度	5,315	5,172	23	120	1,127	22,135	283	14	1	0.33	0.43
2014年度	3,448	3,235	31	182	1,243	30,583	166	7	1	0.36	0.90

## 概要

2015年6月末まで順調に PF Ring 及び PF-AR 放射光施設への電子入射運転や低速陽電子施設の運転が行われた。上流部においては、新規開発の RF 電子銃の補完として、主に陽電子発生用一次電子に使用する熱電子銃の放射線施設検査合格の後、再コミッションを進めた。

また、夏期停止期間は、2016年2月に迫った SuperKEKB 入射前の最後の長期停止期間として、建設作業が行われた。特に、大電流運転に備えて、既に報告した陽電子発生部の遮蔽の増強や、電子銃部、ビーム・コリメータ部の遮蔽の増強に時間が割かれた。

9月24日からは予定通り秋の立ち上げを行い、10月13日からは PF の入射も始まった。その直前のビーム調整予備日の休日を利用して、以下のチャネリング・ハイブリッド陽電子生成実験も行われた。

## チャネリング・ハイブリッド陽電子生成実験

単結晶物質の結晶軸の方向に粒子ビームを入射すると、周期的な原子の作る電場によって、非結晶物質とは異なる粒子の挙動が観測される。これをチャネリングと呼ぶことがあるが、同時にそれらの相互作用により、周期的な原子配置をアンジュレータとするようなチャネリング放射光が図1のように発生する。例えば、物質に高エネルギーの電子を入射すると制動放射ガンマ線が発生するが、薄い単結晶を用いると、制動放射の数倍のチャネリング放射が発生する。このチャネリング放射を用いて対生成による陽電子発生をさせると、図2に示すように制動放射に比べ数倍の増強を観測することができる。

入射器においてはこれまでいくつかの目的で、チャネリング放射光の実験が行われている。1990年ごろには、陽電子を入射粒子とするチャネリングの観測に成功した。1990年代後半からは東京大学原子核研究所での予備実験

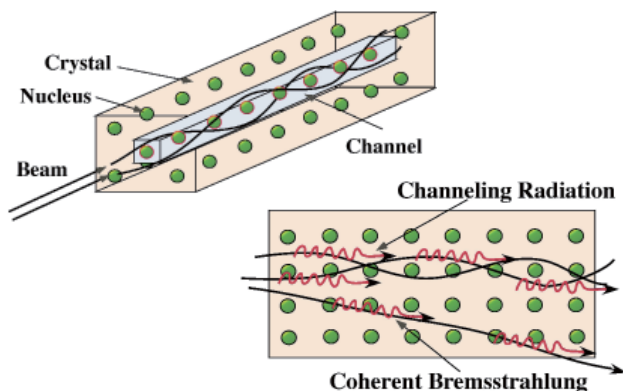


図1 単結晶中に入射した粒子の挙動と伴って発生するチャネリング放射。

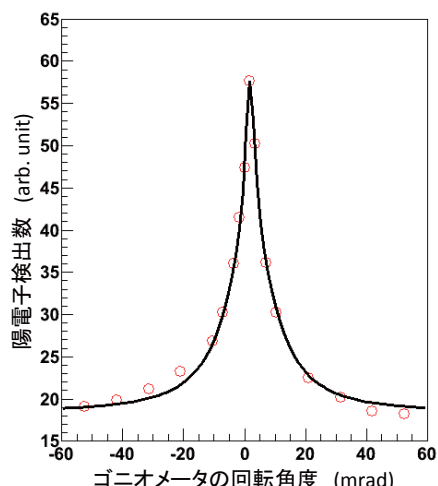


図2 薄い単結晶標的(1 mmのタングステン)を用いた場合に、入射電子角度を走査して、生成したガンマ線から対生成された陽電子を測定した、典型的なロッキングカーブ。裾野はチャネリングが起こらず制動放射のみで、ピークはチャネリングの効果を観測している。

の結果を踏まえた上で、KEKBの陽電子生成効率を向上させることを狙って、単結晶標的の種類や厚さの最適化の実験を行ってきた。チャネリング効果自体は、例えば、高エネルギー粒子を大型の電磁石を用いずに曲げることができるために、素粒子実験などで利用されることもあり、その観点の実験の期待もある。

入射器のビームラインにアクセスして実験を行うためには、全てのマイクロ波電源を停止させる必要があるなど、入射器内での実験には困難が伴う。それでも、高エネルギーのパルス電子が得られる施設は多くはないので、過去にも、初期のアンジュレータ放射光発生実験、アクシオン粒子探索実験、SSC向けのカリメータ検出器開発実験、初期の低速陽電子実験、などが入射器の第3スイッチヤードにおいて行われた。

KEKBに向けた陽電子生成に関しては、都立大、広島大や仏オルセー研究所、露トムスク大との共同研究として、複数回の実験において、シリコンやダイヤモンドも含めた標的の評価と、厚さの最適化を行った。単純な物性からは30 mmほどのダイヤモンドに期待もあったが、多重散乱のために効果が大きくないことがわかった。非結晶タングステンでは厚さ14 mmが陽電子生成に最適であり、通常運転でも用いられている厚さであるが、チャネリング放射を生成すると、そのために見かけの放射長も短く変わり、タングステン結晶厚さは10.5 mmが最も適していることがわかった。

確認されたこの条件を用いた単結晶陽電子標的を用いて、2006年から1年間、チャネリング放射によって約30%向上した陽電子発生を行い、KEKB運転に貢献する

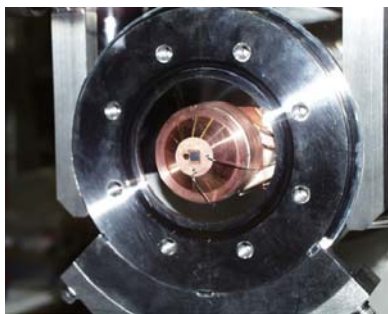


図3 設置された単結晶標的。銅の冷却ブロックの中央に設置された四角の単結晶タングステン標的。左の小さな穴は陽電子を生成しない時に電子を通す穴。

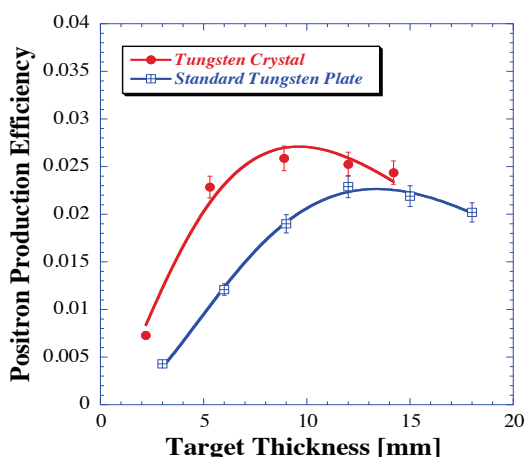


図4 非結晶と単結晶のタングステンについての、標的の厚さに対する、陽電子生成効率のプロット。

ことができた(図3, 4)。その後は、SuperKEKB 向けの開発も始まり、1 mrad 以下の角度精度や冷却のリスクを考慮し、単結晶標的の運転での使用は行われていないが、将来 SuperKEKB 入射での利用の可能性もあり得ると考えている。

KEKB を目的とした陽電子生成においては、主に単バンチ大電流陽電子の生成効率の向上が課題であったが、例えばリニア・コライダのように陽電子の平均電流が大きい場合には、温度上昇や衝撃疲労による標的の破壊が課題になることが早くから指摘されていた。その解決策として、図5のようにガンマ線の生成と電子・陽電子対生成を分離するハイブリッド標的という考え方が提案された。ガンマ線の生成方法としては、アンジュレータを使用する方法が主要な方法として認識されているが、薄い重金属標的の制動放射や、チャネリング放射の利用も考えられる。

チャネリング放射のハイブリッド標的の実験も、図5のような配置で入射器において行われたが、結果をリニア・コライダの条件に外挿すると、やはり後段の対生成標的の発熱の問題は大きく、ILC (International Linear Collider) においては2013年から正式な選択肢からは外れている。しかし、結晶標的のガンマ線生成効率の高さは魅力であるため、ヨーロッパ中心の CLIC (Compact Linear Collider) においては正式な選択肢の一つとなっており、さらに後段の陽電子生成標的に冷却の実績のある粒状標的を採用した実験を震

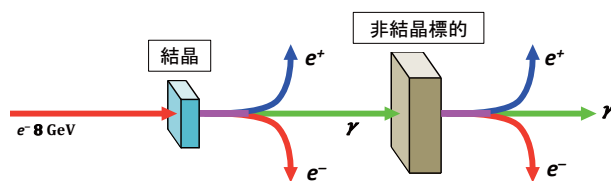


図5 初段の結晶標的はガンマ線の生成に使用し、同時に生成される電子陽電子対は電磁石等で排除する。後段の標的は陽電子の生成に用いるが、入射荷電粒子が無いために発熱が抑えられる。実験では、後段標的に粒状標的を用い、生成された陽電子を分析電磁石で検出器に導き、質・量の観測を行った。

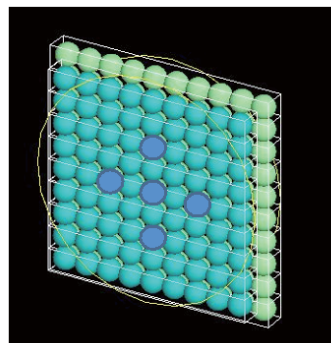


図6 2層にした粒状タングステン標的の例。今回は青い粒に熱電対を取り付け、陽電子発生効率とともに温度上昇を測定した。

災の2011年に予定していた。粒状標的は、バルクの金属に比べ粒の間でヘリウムによるガス冷却が可能となるために有利で、他の加速器実験でも用いられている。

残念ながら、その後震災の復旧を優先せざるを得ず、今期まで実験を行うことはできなかった。今期は、SuperKEKB の入射を前にして、高エネルギーの電子の使用が可能となってきたため、PF 入射直前のビーム調整予備日の休日を利用して、予定していた粒状標的を用いたハイブリッド標的の実験を行うことができた。

今回の実験は、実験装置の震災前の状態への回復に重点を置き、さらに図6のような粒状標的の温度上昇の測定を行った。実験は約1 nC、7 GeV の電子を厚さ1 mm のタングステン結晶に入射し、生成した電磁シャワーから荷電粒子を電磁石により排除し、ガンマ線のみをその後のタングステン粒状標的3種類に導き、生成された陽電子を分析電磁石とチェレンコフ測定器で観測した。

その結果、期待した結果を得ることができ、現在解析を急いでいるところである。今後、SuperKEKB や放射光への電子陽電子入射が密になると予想され、この共同実験を継続できるかどうかかわからないが、可能な範囲で共同研究の要望に答えていきたいと考えている。

### 概要

秋の PF 及び PF-AR 放射光施設への電子入射運転と低速陽電子施設の運転は順調に行なわれ、12月21日朝に終了した。フェーズ1コミッショニングと呼ばれる最初の SuperKEKB リング調整運転入射を2016年2月にひかえて、入射器内でのコミッショニング運転も進めることができた。

SuperKEKB 向けの陽電子生成については順調に準備が進んでいたが、この秋、陽電子を集束捕獲するフラックスコンセントレータに最大電流を印加したところ、放電が起これ、電流を下げて運転を行っている。フェーズ1コミッショニングには大きな問題は無いと思われるが、障害の解析を急いでいる。

また、大電流運転に備えて、引き続き放射線管理についての段階的な変更申請と遮蔽の増強を進めている。

### PF-AR の 2.85 GeV 入射

ナノビーム・スキームを採用する前の SuperKEKB 計画には、陽電子のエネルギーを上げ、電子のエネルギーを下げるという、エネルギー交換によって、電子雲不安定性の問題を緩和する案があった。これに対応するために、陽電子のエネルギー利得を倍増させる C バンド加速ユニットの開発・設置を行い、KEKB・放射光の入射にも使用することで、運転経験を積んできた。その後、エネルギー交換案は採用されなかったため、C バンドユニットは必要なくなり、さらに、SuperKEKB 向けの低エミッタンスの電子・陽電子入射には障害となるため、撤去が決まっていた。

昨夏、その撤去を行わざるをえなくなったが、PF-AR の入射エネルギー 3.0 GeV は満足できるものの、冗長性はなくなり、1台でも加速ユニットが障害を起こすと故障修理が終わるまで入射ができない可能性が生じるようになった。そこで、担当者間で議論した結果、今期（2015年10月～12月）から、PF-AR 直接入射路を使用した 6.5 GeV 入射を行うまでは、入射エネルギーを 2.85 GeV まで下げて信頼性を上げることにした。今期の立ち上げ時に、入射調整時間を多く割り当てた結果、実験は成立することがわかり、この条件で入射を継続している。関係者のご協力に感謝したい。

### RF 電子銃の評価委員会

11月19、20日に RF 電子銃の評価委員会を開催し、前回の評価委員会での提案に従って進めてきた開発についての報告を行った。この間に熱電子銃の再設置が行われたため、ビーム運転を長期間行うことはできなかったが、レーザーの開発を中心として詳細な評価をいただいた。前回に引き続き現場での議論にもできるだけ長い時間を割り当て、会議室での議論と合わせて、理解を深めることができた（図1）。



図1 RF 電子銃の評価委員会の会議室、及び A1 電子銃前、A1 第2レーザー室での議論。

### 入射器の SuperKEKB 向けコミッショニング

秋の入射器コミッショニングにおいては、まずは2月からのフェーズ1コミッショニング向けの準備が進められた。フェーズ1においてはバンチ当たり 1 nC 程度の電子と陽電子ビームが期待されている。フェーズ1の開始時期をダンピングリングの完成よりも前に設定したので、陽電子については 1 nC のビームの確保は保証されていないが、熱電子銃を用いた入射器内での要求ビームは確認されつつある（図2、3）。生成陽電子の捕獲のためのフラックスコンセントレータについては、先に述べた放電障害により印加電流値は設計値の半分としているが、フェーズ1の対応について大きな障害とらないと考えている。今後、フェ



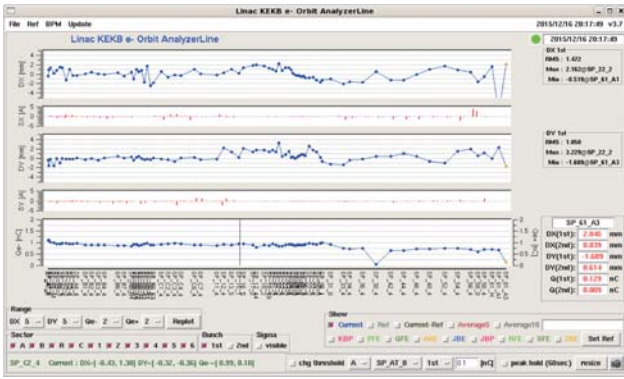


図2 入射器全体にわたる電子輸送の様子。上から水平位置，垂直位置，電荷量，左端が電子銃位置，右端は入射器終端。

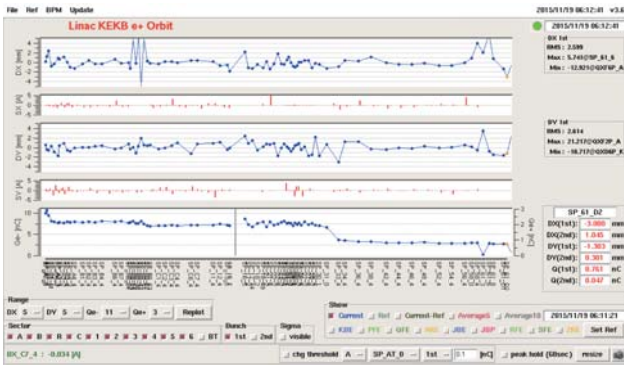


図3 陽電子輸送の様子。中央左が陽電子標的，中央右のダンピングリング接続部まで約 2 nC，入射器終端まで約 1 nC の陽電子ビームを導いている。

ーズ2も考慮しながらビームの準備を進めていく予定である。フェーズ1立ち上げ時には熱電子銃を使用するが，期間内にRF電子銃も適用していきたいと考えている。

ビームの測定技術の確立も急いでおり，ビームワイヤスキャナ，スクリーンモニタと四重極磁石を用いたビーム測定，高精度スクリーンモニタの開発，高精度ビーム位置モニタの試験と設置，ビーム縦方向測定のためのストリークカメラ，などに時間を割いた(図4)。

### 入射器の遮蔽の増強

入射器の SuperKEKB 向けコミッションングにおいては，段階的にビーム電流を増やしており，これに合わせて放射線管理についても段階的に施設変更の申請を行ってきた。対応して，入射器の各区域の遮蔽の試験を繰り返しており，これまでも，電子銃部，180度偏向部，陽電子標的部，ダンピングリング接続部，入射器終端スイッチヤード部，などで遮蔽を増強してきた。鉛，鉄，コンクリート，ポリエチレン等の部材を主に機構内で調達し，設置している。遮蔽は有効に機能すると思われる，協力いただいた各施設の関係者には感謝したい。

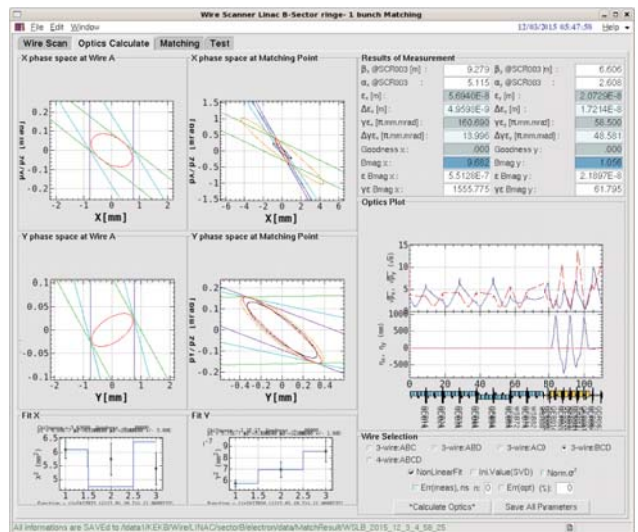
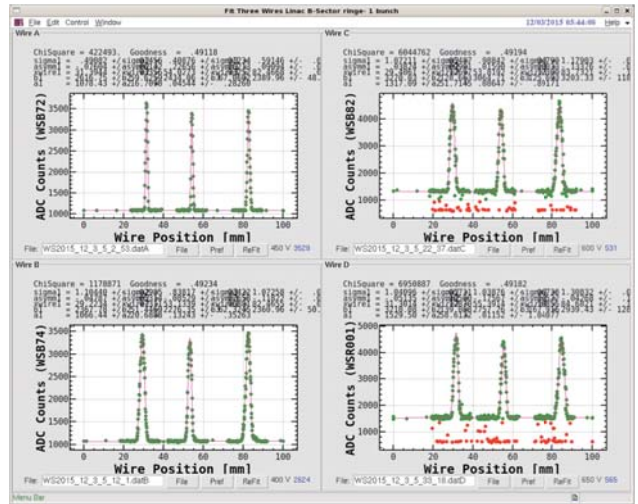


図4 Bセクタにおけるワイヤスキャナによるビーム特性測定の様子。