

LC(リニアコライダー)加速器関係報告、H16年11月分 (V.0.0; Oct. 31, 2004)

1. 全般

超伝導技術によるLC開発推進への方針転換に伴うLCグループの再構成については先月報告したが、超伝導加速技術の開発計画(空洞関係および冷凍機施設整備関係)について、所内委員によるad-hoc reviewを10/8に行った。研究計画検討、もしくは研究作業の進捗に伴い、今後も同様のreviewを行っていきたい。H16年度後半の予算使途(機構内、日米とも)については、検討の結果、とくに以下の三点を重点研究項目とし、H17年度以降の研究につなげていくこととした。

- ATFダンプリングにて、超伝導LCの入射器開発のために寄与できる項目(キッカー磁石、ビームダイナミクスなど)。
- 超伝導加速空洞と周辺装置の生産技術成熟と高加速勾配化。超伝導加速器試験施設(STF後述)の立ち上げを含む。
- H16年度中をめどとするX-バンド高周波技術開発の総まとめ(一部はH17年度にも続行)。

2. 会議など

ILC Workshop:11/13-15にICFA/ILCSC協賛のもとにKEKで開催。<http://lcdev.kek.jp/ILCWS/> を参照。全体設計、主線形加速器、入射器、ビーム収束・衝突点、高電界超伝導空洞の5つのワークグループによる議論編成を確定し、アジア・日本からは久保(浄)、早野、栗木、佐貫(東大)、斉藤がそれぞれの世話人に指名され、活発に準備作業を進めている。これまでに、Workshopプログラムの細目がほぼ決まり、個別発表者の準備作業が本格化したところ。

3. ATF

運転:10月18から2週間の運転を開始。この間の運転に関わる故障修理などの作業は以下のとおり:

1. 取り出しセプタム電極(水漏れ事故)で当初予定した交換は終了。しかし他の電極で新たな水漏れが発生、半田づけ修理にて応急処置。全数の改善品への交換の検討を開始した。
2. 15日の立ち上げ準備中、リニアック7号機の変調器が過電流にて運転不能になった。充電開始制御用のサイリスターが破損、全導通となった。代替サイリスターの納期が4ヶ月なので、当面高圧ダイオードのスタックにて緊急対処中。
3. 18日の立ち上げ時、リニアック2号機のクライストロンのヒーター電圧が半減し運転不能となり、クライストロンを交換して対処(運転開始を2日延期)。調査の結果、クライストロンヒーター回路が内部短絡している事が判明、次年度に修理に出す。現在予備クライストロンは1本のみ。
4. ビーム調整中、リングからビームを取り出せず、丸一日の調整の結果、修理したセプタム(前述)の電流を1.3倍にするとビームを取り出せる事から、電極の短絡が推測された。25日の分解調査で絶縁カプトンが組み立て中に一部破れていた事が判明、対処、再組み立てして復帰。

ビーム状況:夏前からのフォトカソードの量子効率 $\approx 0.2\%$ 程度だったため、レーザーの調整で通常通りのビーム取り出しできることを期待してそのまま運転開始。しかし、調整中次第にビーム強度不足となってきたため、フォトカソードの交換を検討中。この2週間の運転では、機器の立ち上げを主眼とし、シングルバンチでは一通りの調整を終えた。また、各種モニター開発

のためにビームタイムを使い、これらもビームを使った機器立ち上げ調整を行っている。今後の運転の目標と予定は以下のとおり：

- マルチバンチ調整を行い、焼きだし運転にて真空レベルを速やかに6月の状態に戻す。
- マルチバンチ時の低エミッタンス達成とファーストイオン不安定の測定。
- ウィグラー運転を行い600Aにおいて運転可能なパラメーターを探す。
- 偏極陽電子の偏極度測定（最終測定）。
- nmBPM実験（KEK side, SLAC side別々に行う；SLACは11月27日より3週間滞在予定）。
- FONT/FEATHER実験（UK, SLACチームは11月27日より3週間滞在予定）。
- レーザーパルススタッキング時のビームとの衝突実験
- その他、各種測定（SRmonitor, XSRmonitor, ODR, kicker安定性など）が小規模に行われる。

4. STF (Superconducting cavity Test Facility)

超伝導線形加速器の開発、建設のための基盤設備としての超伝導加速空洞試験設備を、KEK 陽子リニアック棟の跡地を利用して建設することを検討中。現在手持ちの設備をできるだけ活用、早急な試験設備の立ち上げをめざす。検討現況は以下の通り：

1. 陽子リニアック棟建物の利用：トンネルの広さ、長さは ILC 主線形加速器の 1 RF ユニットの試験するには十分。ただし、17m の長い cryomodule が通れる搬入口がない。クライストロンギャラリーには、クライストロン 4 本と変調器 4 台を設置可能。Cryomodule を組み立てる部屋と空洞をプロセスするクリーンルームは取れそう。しかし、17m の空洞つき cold mass を 17m の真空断熱チューブに入れ込む組み立てスペースがない。
2. AR 東電源棟にある予備の冷凍機の利用：陽子リニアック棟への移設を検討中。いまのところ問題はなさそう。
3. テントハウスに保管中の旧動燃 L バンド変調器の利用：2~3MW のクライストロンを新規購入しての利用には早急に対応できそう。ただし、将来必要な 10MW クライストロンには対応できず、その場合には新規に変調器を製作する必要がある。
4. ビーム源開発：DESY TTF と同様な L バンド RF 電子銃システムが必要。ATF の S バンド RF 電子銃の製作と運転経験があるので、最速な建設は可能。
5. Cryomodule 開発：RF 電子銃の直後に 4 空洞を納める小型 Cryomodule の製作を第 1 段階と考えて検討を開始したところ。筐体規模は TRISTAN や KEKB と同程度であるが、内部設計は ILC の長尺 17m cryomodule をにらんで行う。この小型機の製作の後、第 2 段階として長尺 17m Cryomodule の設計、製作に進む。空洞開発では、TESLA 型 35MV/m 空洞（生産技術の成熟を指向）および “Ichiro” 空洞 45MV/m（高加速電界運転の検証を指向）が並行して行われるが、小型 Cryomodule ではその双方の試験を想定。チューナーや入力カップラー、HOM カップラーは TESLA 型 35MV/m 空洞開発チームが担当し、Ichiro 空洞にも適用できるよう考慮。

5. 超伝導空洞開発

超高電界空洞開発：現在、DESY との共同研究および KEK 独自の二本立てで 8(9)-セル超高電界(50MV/m)空洞形状を設計中。Re-entrant 形状（Cornell 形状）LL-形状（Ichiro cavity）のどちらも Trapped modes に関して問題なく、非常に有望。11 月の ILC workshop での議論を経て、形状を選定、11 月中にプレス製の金型設計・製作に入る。これに先行して原理実証試験として進めている LL-形状・単セル空洞については、前回報告のように、11 月中に空洞製作し、

12月に性能評価に入る予定。現在、ビームパイプ作りに取りかかった所。これら研究にはH16年度下半期の日米LC予算の一部を充てる。

JLAB との研究協力:JLAB から電解研磨を依頼された 1.5GHz 7-cell LL-shape 空洞は、10月14日に発送済み。JLAB では、ILC workshop 前に測定予定。また、JLAB から Q-slope の研究のために別に 1.5GHz 単セル空洞の新たな電解研磨の依頼あり。ILC での High-Q・高加速勾配にも関連深く、結果を共有できるので引き受けることとした。

Cornell 大学 との研究協力:50MV/m 高電界の原理実証のために 1.3GHz Re-entrant-shape 空洞 (Cornell 製作)の電解研磨による性能評価試験を進めている。10月中旬に、遠心パレル研磨、真空熱処理の作業を終え、10月29日電解研磨の予定。新人の教育を兼ねながら、11月の ILC workshop までに最初の結果を出すべく作業中。

INFN-LNL との研究協力:スピニング技術による 9-cell Nb バルク・シームレス(継ぎ目無し)空洞の開発を INFN-LNL と共同研究で進めている。プリチューニング装置が近々完成し、全ての所要技術が ready になるので、これまで manpower 制約のため遅れ気味であったペースを挽回、来月の展開を予定。

KEK Nb/Cu クラッド空洞の開発:薄肉ニオブパイプを厚肉銅パイプの内面に接合したチューブを液圧成形し、シームレス化することで高価なニオブ材の削減、電子ビーム溶接の省略を目指すもの。ILC における超伝導空洞の性能の安定化と大幅なコスト削減の鍵として期待。原理は、これまで新日鉄(株)との共同研究、また海外の研究所との共同研究でシームレスクラッド単セル空洞で実証済み。中に張付けたニオブパイプが溶接パイプでも良ければ、製作コストがさらに下がり得る。その可能性を探るため、工作センターと共同で 1.3GHz 単セル空洞を試作中。11月の始めの週に空洞の電解研磨予定。これも、ILC Workshop までに結果を出すべく頑張っている。

超伝導空洞開発のための設備整備:今後の ILC 開発に於ける国際拠点化の一つとして AR 東第2実験棟の 9-cell 対応の設備を整備中。真空排気スタンドの整備につき業者との hearing を完了し、11月半ばに入札に入る予定。経費は H16 年度下半期の日米 LC 予算一部で支弁。

9-cell 超伝導空洞用真空炉:工作センターの主導で 9-cell クラスの空洞の真空熱処理炉の装備計画が進行中。メーカー hearing を了え、11月半ばに入札予定。当初立ち上げに H16 年度下半期の日米 LC の一部を充てるが、予算規模によって計画を複数年度に分割必要の可能性あり、詳細について検討中。

6. XTF (旧称GLCTA)

PPM4-G1(旧 GLCTA 現 XTF 向け PPM4 号同型機、2台現有のうちの1台目):順調にコンデショニング続行中。当面のコンデショニング目標:カソード電圧 480kV にて 55MW 出力、RF パルス幅 800 ナノ秒、繰り返し 50pps、フォールトレート 1回/時間程度。10月28日現在、それぞれ 470kV にて約 50MW、800 ナノ秒、12.5pps にて運転継続中。ときおり波形欠けが散見されるが、おおむね安定に運転できている。55MW 出力、50pps に到達した後は、そのまま安定性の評価試験を開始する予定。XTF 1号ステーション(加速管高電界試験テストスタンド)への移設が可能かどうかの見極めるため、フォールトレートの統計をとる。このために1週間程度

の 24 時間運転を想定、さらにそれが可能かどうか検討中。

PPM5 号機(H15 年度製作): マッチングコイル故障後、XTF 3 号ステーションから AR 南実験室へ移設、この球を使った波形欠け現象の研究を開始。

この球は、カソード電圧 500kV にて 50MW 弱の出力がえられるが、RF パルス幅が 400ns 程度を越えると、頻繁に波形欠けが起こる。類似の振る舞いは KEK 設計制作の PPM 管に多かれ少なかれ共通して観測され、かつ従来いまだ理解されていなかったものである。放電またはビーム損失の箇所を特定するため、複数の音響センサーと X 線検出器を新たに 5 号機に配置した。また、XTF からの継続測定として、遮断周波数のことなるいくつかの高域フィルターを出力回路に挿入したところ、波形欠け時には寄生モードの発振が見られ、かつ出力空洞付近のみからの音ならびに X 線の発生も観測された。

そのため波形欠け原因は入力空洞 HOM にあり、との仮説が有力となり、その実験的検証のため、入力空洞の共振周波数再調整（チューニングホールによる空洞壁の追加的変形）をおこない、波形欠け現象の変化を調べた。ところが変形前後で予想した変化は見え、入力 HOM が原因との仮説は証明されなかった。これら新展開を踏まえ、当初の 10 月中旬での運転終了の方針は現在転換、「当面 1 ヶ月程度の運転継続、データ収録に専念する」こととした。運転終了後は、分解して内部の検分を行う予定。

PPM4A 号機(H14 年度製作、H15 年改修): AR 南実験室での試験終了。性能上は、一応、加速管高電界試験ステーション（1 号 2 号ステーションのいずれか）での使用に耐えうるとの判断済み。XTF 脇にて待機中。1 号 2 号ステーションのスケジュールや PPM4-G1 の仕上がり具合、また PPM4-G2 のスケジュール等との調整が必要で、現在展開方針を協議中。

PPM6 号機(H16 年度新規製作分、T 社落札済み): 10 月上旬に波形欠けへの対策を意図した改良を盛り込んだ最終案を提示。現在各部品製作ほぼ完了。改良点は、1) 入力空洞の形状変更、HOM 離調、2) 出力空洞材料変更、出力空洞-コレクター間ドリフト部にステンレスのスリーブ挿入、3) 出力空洞と導波管間のアイリス形状変更。

加速管高電界ステーション: KX01 加速管の運転を継続、また、H16 年度前期に製作した load の試験中。KX02 加速管組み立て（各セルに HOM 孔あり）は無事完了し、11 月から加速管高電界ステーションでの運転試験にはいたい。

以上、