

会議報告

SRF 2007 会議報告

山本 康史*

SRF 2007 Report

Yasuchika YAMAMOTO*

2007年10月15日から19日の期間に北京大学で行われたSRF 2007 (13th International Workshop on RF Superconductivity, 以下SRFと略す)は、全参加者が272名でその内、海外からの参加者が190名(主催者発表)というワークショップとしては比較的規模の大きな会議であった。SRFは2年に一度開催される国際会議で、北京大学の前はコーネル大学で行われた。会期の前の週には3日間に亘り恒例のチュートリアルセッションが行われた。これは学生を中心とした初心者に対し、SRFに関する簡単な集中講義を行うというものである。この会議の内容は多岐に亘るため、この報告書ではいくつかのトピックに絞って紹介したい。

初日はDESYのD. Proch氏による開会宣言の後、北京大学のJ. Chen氏により中国におけるSRF発展の歴史と現在の活動状況が報告された。Lバンド

(1.3 GHz)の単セル空洞の開発に始まり、プロトンドライバー用のQWRの製作、Large grainのニオブ材を使用した単セル空洞のR&D、また最近ではLバンドのマルチセルの製作にまでその技術レベルを高めつつあり、非常に広範な活動内容を持っているという印象を受けた。次にDESYのL. Lilje氏により現在最も注目されているXFEL計画の進捗状況が報告された。この計画にはLバンドの9セル空洞が800台以上も用いられ、超伝導空洞による世界最長の線形加速器となる予定であり、またILC (International Linear Collider)のプロトタイプともなる計画である。DESYでは、TTF (TESLA Test Facility)において過去15年に亘りLバンドの9セル空洞の研究・開発が行われており、この技術レベルでは世界最先端にある。XFELでは8台の空洞を1つのクライオスタットに入れ1モジュールとし、それを配置していくこ



図1 Reception Partyの様子。
(Beijing Friendship Hotelにて)



図2 北京大学内のSRF発表会場。

* 高エネルギー加速器研究機構
High Energy Accelerator Research Organization
(E-mail: yasuchika.yamamoto@kek.jp)

とになる。TTF ではすでに7台のモジュール化に成功し、その内6台がテストビームラインFLASH (Free electron LASer in Hamburg) で運転されている。その後、次世代放射光源であるERL (Energy Recovery Linac) に関する二つの計画の進捗状況についてコーネル大学と Daresbury 研究所からそれぞれ報告があった。コーネル大学の方は入射部に的を絞った報告で、すでに6台の2連空洞を完成させ、縦型のクライオスタットにて性能試験を行ったとのことであった。目標とする加速勾配は15 MV/m であり、これは最近の技術レベルから考えればそれほど高いハードルではない。コーネル大も TTF に似て5台の空洞を1つのクライオスタットに入れて、クライオモジュール化するデザインにしている。ヘリウムガスの回収ラインを空洞の支持機構も兼ねたしっかりした構造体とするという点も同じである。CHECHIA (空洞単体の大電力試験用横型クライオスタット) 同様、1台の空洞による横測定 (総合試験) の結果も報告され、技術レベルが実用段階に達しているという印象を受けた。一方、Daresbury 研究所の方は空洞開発などは自前で行っておらず ACCEL 社から購入したものをそのまま使用しているようであった。性能試験も DESY の TTF で行っていたようである。すでに各大学や研究所で実用段階にある技術を投入することで、最も効率的かつ経済的に計画を実現させるつもりのようなのである。初日の最後は、K. Hosoyama 氏による KEKB におけるクラブ空洞の開発及びビームコミッショニングの状況についての報告があった。筆者も過去2年間に亘りその開発・製作・性能試験に携わり、今年の二月からようやくビームコミッショニングが始まったことで感慨深いものがあった。クラブ空洞は、そのコンセプトこそ R. Palmer 氏により提唱されたものであるが、それ以降ストレージリングへの適用には K. Oide 及び K. Yokoya 両氏が、RF 設計に関しては K. Akai 氏が、R&D 及び実機製作については K. Hosoyama 氏とそのグループが行っており日本の研究者達が深く関わっているのである。クラブ空洞を用いたビームチューニングはコミッショニンググループ (KCG) を中心に現在も行われており、さらなる高ルミノシティを目指している。

2日目と3日目の午後はポスターセッションが開かれた。両日もそれぞれ80以上ものポスターが発表された。中でも ERL, ILC, KEKB, XFEL などの計画から多くのポスターが発表されていた。FNAL の C. Ginsburg 氏による最新の空洞診断システム [TUP47] は少数チャンネルながら 10 kHz という高



図3 ポスターセッションの様子。

速サンプリングでデータをとるというもので、マルチセルへの適用が成功すれば空洞の性能試験時での様子が詳細に解明されるものと期待される。多チャンネル化によるケーブル本数もスキャニングシステムの導入により最小限に抑えられるとのことである。DESY の D. Reschke 氏からは、最新の空洞内面洗浄方法であるドライアイスクリーニングの単セル空洞への適用結果が報告されていた [TUP48]。超伝導空洞の内面洗浄には一般に高圧水洗法 (HPR) が用いられているが、それを固体の二酸化炭素で行おうという新たな試みである。単セル空洞の性能試験ではフィールドエミッション無しで 36 MV/m の加速勾配に到達したとのことであった。9セルへの適用は来年中に行う予定のようである。ILC で問題となっているローレンツフォースデチューニングに対するチューナーパフォーマンスの結果が FNAL [TUP57] と DESY [TUP72] からそれぞれ報告されていた。KEK でも STF (Superconducting RF Test Facility) にて同様のテストを行い、その結果をこの会議で発表する予定でいたのだが、惜しくも間に合わなかった。9セル空洞の場合、200 Hz 辺りに機械振動の強い共鳴が現れるのが特徴的である (最近 STF でも確認された)。この特徴を利用して逆にローレンツフォースデチューニングの影響を打ち消すことができる。ポスターの内容からだけでは細部まで理解することはなかなか難しいのであるが、自ら試験を行っている点と不明であった点が解明され、お互いの理解がより進むことになる。高能研究所 (IHEP) の Y. Sun 氏による BEPC-II 計画における 500 MHz 超伝導空洞のコミッショニングの状況が報告されていた [WEP16]。これは KEKB で用いられている加速空洞と同タイプの空洞を2台導入した、



図4 企業展示ブースの様子。

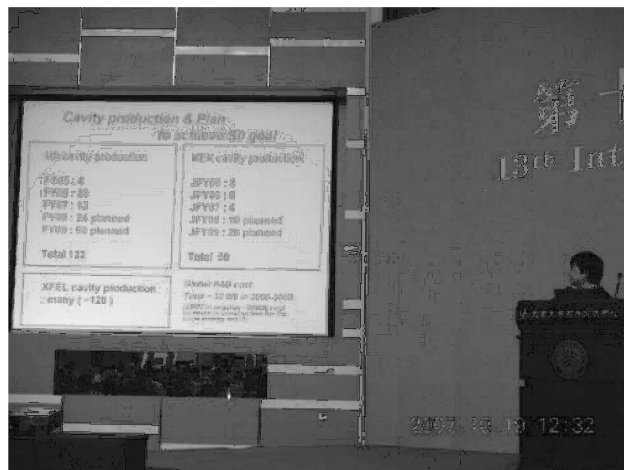


図5 オーラルセッションの様子。

KEK との協同計画である。筆者も 4 年前に KEK で行われた一連の性能試験に従事していたので、彼らの空洞が問題なく運転されているという報告を聞いて嬉しく思った。放射光モードでは最大 500 mA にまで到達したようである。LEP 終了後やや影の薄い CERN から、LHC 用の 400 MHz 単セル空洞の状況が報告されていた [WEP25]。陽子加速器用のため空洞台数は 1 リングあたりたった 8 台であるが、LEP の時と同様にバルクのニオブ材から製作せず、銅にニオブをスパッタする方法で製作されている。冷凍機はマグネットと共用のようである。三菱重工の K. Sennyu 氏からは、KEK における STF の次の段階で新たに製作される空洞の製作方法についての改良点が報告されていた [WEP48]。その出来栄が大いに期待される場所である。

一方、ポスターセッションと平行して展示されていたのが企業ブースである。ここには SRF のテクノロジーに関するほとんど全ての企業が参加しており、その活動内容を知ることができる。ACCEL 社は L バンドの 9 セル空洞を会場に持ち込んで展示していた。ニオブ材の製作会社である東京電解の会社紹介には、最近新たな精製炉を導入した旨が書かれてあった。東京電解は筆者も訪れたことがあるが、東京の下町にある町工場で、敷地周辺は高層マンションで取り囲まれている。このような場所でニオブ材が作られているのかと知り、非常に驚いた記憶がある。アメリカからは最近超伝導空洞の製作を開始した AES 社が会社紹介を行っていた。ここでは電子ビーム溶接の出来栄を示すためにダンベル型や単セル型のサンプル空洞が展示されていた。

3 日目の午前恒例の学生や若手研究者による口頭

発表のセッションがあった。BESSY の A. Neumann 氏による CW 用の TESLA 空洞におけるマイクロフォニックスの影響とその対処法に関する報告 [WE201] が印象に残った。 piezoelectric を用いたフィードフォワードとベクターサムによるフィードバックを組み合わせることで、周波数のばらつきを最大で 1.6 Hz 以下に抑えられたとのことであった。

4 日目の午前 Hot Topic と題されたセッションが設けられた。これは、Large grain/single crystal Nb の部材としての有効性についてと、35 MV/m という加速勾配は ILC において妥当な選択なのかどうかということに関しての open discussion であった。明確な結論が得られたわけではないが、いくつかの事項については確認されたものがあった。まず、XFEL のスペックである 25 MV/m という加速勾配の実機レベルでの実現についてはほぼ目処がついたという共通認識を持っているということであった。Large grain/single crystal の部材開発については、価格低下を目指すなら生産企業には新たな設備投資が求められるが、需要の多寡に依存するため大規模開発にはなかなか踏み切れないところがあるとのことであった。また昨今、9 セルの製作を行っている企業が増えてきたが、まだ初期段階のため品質のばらつきが大きく、各領域において研究者と企業側との交流がさらに求められる、といったところであった。

最終日の午前のセッションは、いくつかの将来計画についての発表があった。CERN の F. Greigk 氏から J-Parc や SNS (Spallation Neutron Source) アップグレードなどの高強度陽子加速器計画についての発表があった。中国でも SNS が開発・検討中であるとの簡単な報告を聞き、この種の加速器は需要が多いとい

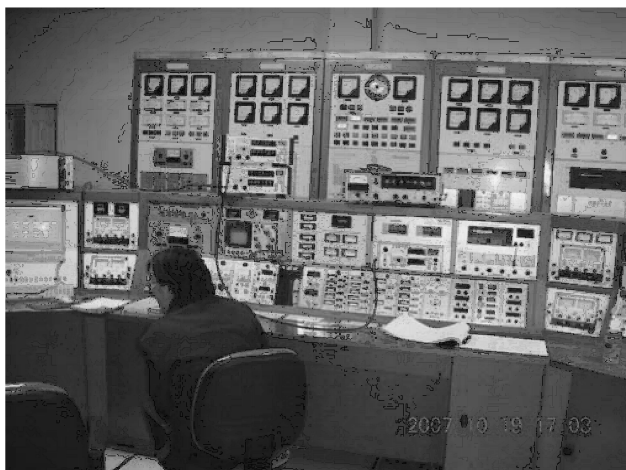


図6 ラボツアーで訪れた北京大学内の加速器制御室にて。



図7 日中の研究者達の歓談の様子。

うことを実感した。最後のトークはKEKのH. Hayano氏で、ILC計画のR&Dの現状と今後の予定が報告された。最近、ハードウェアのR&Dをより具体的に進めていくためにプロジェクトマネージャが導入され、日米欧の3領域から一人ずつ代表者が選出された(A. Yamamoto, M. Ross, N. Walkerの3氏)との説明があった。ILCで求められる35 MV/mという加速勾配を達成させるために、100台以上もの空洞が投入される予定のS0プランについての概要が説明された。これは3領域で空洞を交換し、表面処理した後、測定することによって、お互いの技術レベルの確認とその向上を目的としたものである。S0とはほぼ平行して行われるのがS1プランと呼ばれるクライオモジュールまで含めたR&D計画である。S0の縦測定において35 MV/mに到達した空洞を持ち寄り、一つのクライオモジュールに組み込んで31.5 MV/mでの動作試験を行うというもので、そうするとILC用の実機レベルのクライオモジュールがいよいよ完成することになる。

最終日の午後はラボツアーが行われた。初日の受付時に北京大学か高能研究所(IHEP)のどちらかを選択することになっており、筆者は北京大学を選択したためそちらの様子を紹介させていただく。まずは、LバンドのR&D施設に案内された。最近5セルの空洞製作に成功したようで、それが展示されていた。いきなり9セルにいかず、まずは中間の5セルで練習してからということのようである。ここにはクリーンルーム、高圧水洗装置、プリチューニングマシンなどの空洞製作に必要な最低限のものがまとまっているという印象を受けた。その後、別の敷地にあるイオン加速器に案内された。この施設はかなり古く、動いてい

るのが不思議なぐらいの加速器であった。制御室も見たこともないような機器が並んでおり、普段KEKBの制御室を見慣れている筆者にとっては隔世の感があった。最後に高温超伝導材の研究室に案内され、そこで最近の活動について説明を受けた。この研究室ではMgB₂分子を様々な材料に蒸着させ、その抵抗率の温度変化を調べる実験をしているようである。

最終日の夜に、IHEPの研究者たちと食事を摂りながらお互いの活動について報告する機会を持った。J. Gao氏はKEKとLバンドの空洞技術についての共同研究を望んでいるようで、お互いの状況を率直に話し合った。Gao氏の元にいるQ. J. Xu氏は昨年KEKに滞在し、我々と空洞測定を行った経験を持つ。今回の会議ではXu氏に様々なところで我々の世話をいただき、非常にありがたかった。一方、BEPC-IIの研究者たちとも久しぶりに顔を合わせることが出来て嬉しかった。Z. Li氏は4年前に筆者とKEKにてBEPC-II用の空洞測定を一緒に行った間柄である。同じくY. Sun氏とは今回の会議前に思わぬところで出会ったりして驚いた。彼らも非常に親切にしてくれた。このような草の根の研究者の交流が重要であるということを実感した会議であった。

SRF2007のオーラルセッションで用いられた資料はすでに以下のサイトからダウンロード可能である。この報告書で触れることの出来なかった発表についてはここからダウンロードして参照されたい。非常に拙い報告で恐縮ですが、この辺で失礼させていただきます。

SRF2007のプログラムページ：

(<http://www.pku.edu.cn/academic/srf2007/>

[program.html](http://www.pku.edu.cn/academic/srf2007/program.html))