

会議報告

第3回 ACFA HPPA ミニワークショップ報告

長谷川 和男*

Report on the Third ACFA-HPPA Mini-Workshop

Kazuo HASEGAWA*

1. 概要

ACFA-HPPA (High Power Proton Accelerator) に関するミニワークショップが2008年7月17日から19日まで、オリンピック開催が間近に迫った北京で行われた(図1)。これまで、第1回は2002年に日本(KEK, つくば)、第2回は韓国(KAERI, テジョン)で行われ、第3回となる今回は中国(IHEP 主催, 北京)での開催となった。それぞれ中心となるテーマがあり、第1回はイオン源や高周波四重極型リニアック(RFQ: 数 MeV までの加速構造)、第2回はドリフトチューブリニアック(DTL: 100MeV程度までの加速構造)やリニアックの高周波源、今回は速い繰り返しシンクロトロン(RCS: 数百 MeV から数 GeV までの加速構造)と、しだいに高エネルギーの部分に移行してきた。参加者は、中国 IHEP の CSNS (China Spallation Neutron Source) 関係者(約 20 名)、韓国 KAERI の PEFP (Proton Engineering Frontier Project) 関係者(5 名)、そして日本から J-PARC 関係者(5 名)の約 30 名(図2)、発表は 17

件であった。会議の前半は、それぞれの進捗についての口頭発表と議論、後半では主に CSNS 用に開発している機器の見学と技術情報交流が行われた。

2. 発表内容

会議は主催者側の F. Shouxian 氏の歓迎の挨拶から始まり、Z. Chuang 氏が ACFA の活動、B. H. Choi 氏が HPPA の活動を含めた開会の挨拶を行った。この中で Chuang 氏は、「ACFA に参加する 14 カ国の人口が世界の 54% を占めるが、国ごとの差が大きく、こうしたワークショップを機会に改善していきたい。それは“One World, One Dream”といった北京オリンピックの精神と同じ」ということで挨拶を締めくくられた。

技術的な発表は、ステータス、RCS、リニアックなどのセッションに大まかに分かれて行われたが、本稿では、参加した 3 つの施設毎に集約して報告する。

2.1 CSNS 計画

J. Wei 氏が全体計画や RCS 設計の現状をまとめて発表し、その他 RCS に関連する内容として、リング高周波、電磁石、電磁石電源の開発状況の発表があった。この計画は、81 MeV までをリニアック、その後 RCS で 1.6 GeV まで加速して 120 kW のビームパ

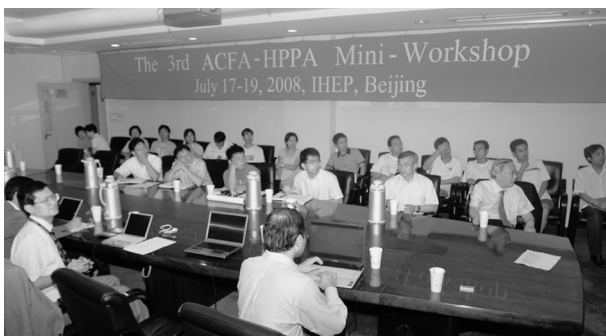


図1 会議風景(主催者提供)
白黒写真ではわかりにくいですが、真っ赤な横断幕が部屋に飾られており、いかにも中国らしい雰囲気の中で行われた。



図2 ワークショップ参加者(主催者提供)

* 日本原子力研究開発機構
(E-mail: hasegawa.kazuo@jaea.go.jp)

ワーを第一目標に中性子の利用を行い、将来的に 240 kW, 500 kW の増強も視野に入れたものである。RCS の設計は、J-PARC が 3 回対称のおむすび形や金属磁性体空洞であるのに対し、4 回対称の四角形とフェライト空洞以外は、電磁石や電源、セラミック製の真空容器など、設計の基本方針はほとんど似ているとの印象である。J-PARC で指導したストランド線での偏向電磁石の試作機による温度分布測定が開始され、また、RF 空洞が製作中であるなど、今後本格的な試験が進められる段階にある。

リニアックに関連する内容では、開発状況の全般、ビームチョッパーの設計、クライストロン高圧電源、RFQ のコミッションングに関する発表があった。英国 ISIS と同様なペニングタイプのイオン源、J-PARC で開発した DTL に内蔵するタイプの電磁石 (DTQ) など、既存の技術を利用して低コストで建設することを目標としている。DTQ は試作が行われ磁場測定を開始したところであったが、磁場中心と機械中心がずれているようで、測定方法や磁石の固定方法などについて、他の研究所 (特に J-PARC) の経験を聞いて改善したいとのことであった。また、この計画独自のものとして、クライストロン電源をチョークトランスとコンデンサの共振を使って電圧を増強させて発生する方法が紹介された。6 月に 66 kV までの昇圧と 420 kW の高周波出力試験に成功し、今後さらに調整を進めるようである。現状、巨大なチョークトランス (目測で 3 m × 3 m × 4 m 程度) を用いており、実用化にはコンパクトになるような設計が必要と思われる。この方式はステップアップトランスを用いないためパーツの数が少なく信頼性が高いというのがメリットであり、今後の成果を見守りたいところである。

2.2 PEPF 計画

J. H. Jang 氏が計画の状況や RCS の開発について報告し、それ以外はリニアックに関する内容で、開発状況全般、ビームライン、超伝導リニアックの開発についての発表であった。この計画では、20 MeV と 100 MeV の陽子を、医療、ナノサイエンス、半導体、バイオ、RI 製造など多目的に利用するもので、現在、20 MeV のリニアックが KAERI (テジョン) で試験運転中、100 MeV リニアック部は製作中の状況にある。実際のサイトはキョンジュと決定しており、今年 10 月には起工式を行いたいとのことであった。こうした開発・建設が順調に進められていることが報告されたとともに、将来計画として 100 MeV 以降の超伝導リニアック、GeV 領域まで加速する RCS の検討などが進められ、多くのオプションを検討して

いる段階との印象である。この施設では医療への利用が大きな柱の一つで、そのために、RCS からの遅い取り出しの検討が特徴的などところである。また、多くのビームポートで並行に利用できるように、AC 電磁石で 3 方向に振り分ける設計となっている。今回の発表者の専門外ではあったが、あるポートで異常が起きたときの対応といった、安全系の考え方に興味のあるところである。韓国も日本と同様に国内メーカーのコストが高いようで、ビーム輸送系に用いる電磁石の試作は韓国で行ったが、量産は IHEP に頼んだとのことである (後の施設見学で、その一部を見ることができた)。

2.3 J-PARC

J-PARC の最新のトピックスである中性子の発生と Main Ring の RF 捕獲・周回に成功した話題を含め、RCS の現状報告を金正氏が行った。それに対して、セラミックスの内面コーティングである TiN の方法、ビームロスや放射化の程度、ビームパワー増強など、パーツレベルから運転シナリオにわたる多くの質問があった。また、リング高周波システム (野村氏)、電磁石システム (谷氏)、ビームコミッションング (吉本氏) について、それぞれ詳細な報告が行われた。ここでも、高周波空洞製作時の品質管理方法、低電力高周波制御方式、電磁石の電源方式や磁場測定の方法、ストランド線の末端処理方法など、実際に設計や製作に入った段階となった CSNS の担当者を中心に、具体的な質問が多数聞かれ、講演時間内に収まらなかった分や詳細な内容は、別途担当者間で議論するほど活発な意見交換が行われた。

筆者は J-PARC リニアックの運転経験について発表し、2006 年 11 月からのビーム加速試験の進捗、機器の性能、稼働率や放射化の測定結果、エネルギー増強のための開発研究状況などを報告した。これに対し、チョッパーの性能、イオン源のタイミング、ビーム診断機器、エネルギー増強の予算や ADS (Accelerator-Driven nuclear waste transmutation System, 加速器を使った放射性廃棄物の処理システム) の計画など、機器の詳細情報から将来計画といった多岐にわたる質問があり、J-PARC から学び追いつこうという意欲が感じられた。

3. 施設見学

講演のセッションの後、IHEP 内の加速器開発や製造のための施設を見学した。

最初に BEPC の裏側に位置し、リングのフェライ

トコアの試験と超伝導空洞開発を行う大実験室に案内された。超伝導空洞エリアは、クリーンルーム、超純水設備、高圧水洗浄、縦測定のパットなどから構成されていた。KEKの斎藤氏の指導で作ったということで、同氏と共同で十数年前にJAEA（当時原研）に整備したものと非常に似ており、まるで親戚と会うような懐かしい感じがした。

次に、ADS用として開始したRFQの試験装置に案内された。そこは元々35 MeVのDTLが置かれていた場所で、それを撤去してRFQを設置したものである。（IHEPの方が広いが）加速器室の狭さ、コンクリートむき出しの壁、イオン源後方に遮蔽強化のために積んであるコンクリートブロックなど、1990年代に原研で開発したRFQの環境と非常に似ており、ここでは兄弟に会うような感じがした。そのとき開発したRFQも、オメガ計画というADS用だったし、電子リニアックを撤去してRFQを設置した経緯という背景まで似ている。今でこそJ-PARCは先行しているが、ここでスタート台に立った中国も、10年後は相当力をつけてきて差が縮まるのは必至であろうという思いがする。

このRFQの建物の2階には、RCS用偏向磁石のコイルやストランド線のカットモデル、DTL空洞の試作、導波管の試作、など、CSNS用の試作品が多数置かれてあった。他の建家では、クライストロン用共振電源（実物を見ると予想以上に巨大であった）、電磁石の試験エリア（RCS偏向磁石の試験、DTQの磁場測定、PEFP向けの磁石）、磁石工場（Q磁石の試作品（図3）、ホロコンのコイルを巻くエリア）、セラミックダクトの試験やTiNコーティング、コイルのエポキシ含浸、などなど、盛りだくさんな内容であり、それぞれオンサイトでの議論も活発に行われた。



図3 RCS用Q磁石の試作機（4分の1部分、積層鋼板）を前に意見交換を行っている様子

現在のところ、精度や品質管理に改善の余地があるように思われるが、製作や組立、開発を研究所内で行っていることから、いずれ実力をつけ、その力を発揮してくれるのではないかと、思った次第である。

4. おわりに

一応予定はあるにせよ、発表時間の多少のオーバーは許され、質問も大体途切れるまで質疑の時間を取れるというのは、大きな会議と違い、ミニワークショップならではの良さである。また、成功談だけでなく、失敗したところ、苦労しているところを紹介し、共に考えるような会議で、以前のリニアック技術研究会のような雰囲気を持った会議でもある。まとめにChoi氏が、“We need not speak English fluently. Say easy. Feel easy.”と言われたのが印象的である。とにかく、英語は通じれば良いくらいで、大強度陽子加速器の開発・研究に関して意見を交換し、アジアの技術力を上げるのが大事、というのがこのワークショップの最大の目的と言えよう。また、バンケットの後にオリンピックのメイン会場が見える場所に案内していただき、地元の人と開催を待つ興奮を味わうこともでき（図4）、良い思い出ができた会議となった。

このワークショップは、今回3回目に参加国が一巡し、次回は2011年にJ-PARCが主催することになった。（ACFAメンバー14ヶ国の中で参加国が3つで、その3つで持ちまわる、というのも本当は少し寂しい感じもするが。）先行しているJ-PARCに加え、CSNSやPEFPもコミッションの開始が予定されており、コミッションやビーム輸送といった内容が主なテーマになる予定である。



図4 北京オリンピックのメイン会場（通称：鳥の巣）を背景に日本からの参加者