

## 上海放射光施設との国際協力

田中 均・大熊 春夫

## International collaboration between SPring-8 and SSRF

Hitoshi TANAKA\* and Haruo OHKUMA\*\*

## 1. はじめに

上海放射光施設 (SSRF) は 2004 年に計画が最終的に正式認可され, その年の 12 月 25 日には建設地の Shanghai Zhang-Jiang (上海市張江) High Tech Park で鍬入れ式が行われた. Zhang-Jiang High Tech Park は, 上海の中心地と浦東国際空港の中間地点に位置し, 生物医学, 創薬, 半導体などの基礎研究, 産業応用の産官学の拠点として上海市が計画を進めている地区で, 大学や高校などの教育機関, 居住地区なども作られている. 既に SSRF の建屋の基礎工事はかなり進んでいる. 加速器の据え付けは 2008 年 3 月までに順次終了する予定であり, ライナックのコミッションが 2007 年 4 月から, ブースターシンクロトロンが 2007 年 10 月から, 蓄積リングが 2008 年 4 月から, ビームラインが 2008 年 11 月から調整を始めて, 2009 年 4 月からユーザー運転が開始される予定である. 予算は中国政府, 上海市, 中国科学院が各々 1/3 を負担し, 総予算は 1200M RMB+ $\alpha$  ということなので, + $\alpha$  分を別として, 現在の為替レートで換算すると 165 億円程度であり, 加速器とビームラインに 90 億円弱が割り当てられているということである. 加速器は 100 MeV ライナック, 3.5 GeV ブースターシンクロトロン, 3.5 GeV 蓄積リングという構成で, 蓄積リングはエミッタンス 3.9 nm $\cdot$ rad (Normal mode と称している初期の運転では 11.2 nm $\cdot$ rad), 16 箇所の 6.5 m 直線部, 4 箇所の 12 m 直線部を有する 20 セル 4 回対称の周長 432 m のリングで, 将来的には Top-up 入射を行う. 1996 年に最初のデザインが 2.2 GeV で出されてから, 蓄積リングがこのデザインに落ち着くまでに 4 回変更されている.

## 2. 協力関係の始まり

SPring-8 と上海放射光施設 (SSRF) との交流は SPring-8 建設中から始まっている. SPring-8 が建設の最終段階を迎えた 1996 年に上海から Dai さんと Fun さんの 2 人が軌道解析の習得のために数ヶ月間, SPring-8 に滞在した. Dai さんは現在の SSRF の軌道解析グループのリーダーとなっている. 同じ時期に Wang Fang さんも滞在して, RF グループで技術習得を行っている. その後, SPring-8 蓄積リングの第一段階のコミッションが終了して夏期運転停止期間が始まった 1997 年 7 月に, 同じく軌道解析の習得のために若手の研究者 Liu さんがやってきた. 彼は約 1 年間 SPring-8 に滞在し, Lattice 設計や軌道解析についての多くの知識を得て, 上海へ戻っていった. 彼は, その後の交流でも SSRF 側の窓口として働いている. その他にも, 真空の Wu さんなど何人かの研究者, 技術者が SPring-8 に長期, 中期滞在した. 現在, 彼らは, 各々のパートで中心的に SSRF 計画を進める立場となっている.

2002 年 2 月には, SSRF の Xu 所長と加速器チームの責任者である Zhao さんを始めとした一行が SPring-8 へやってきて, 加速器, ビームライン, 利用研究などの全てについて, SPring-8 の各スタッフと面談, 意見交換をした. その年の 12 月には, SPring-8 で開かれた「軌道安定化の国際ワークショップ」に参加した Zhao さん, Dai さん, Liu さんの 3 人と筆者らとその他の SPring-8 加速器の各グループリーダーとで, 具体的な collaboration について話し合った. Top-up 運転, RF 電子銃, データーベースの 3 項目の具体的なテーマを決めた. 2003 年 1 月 21 日には, 財高輝度光科学研究センター (Japan Synchrotron

\* 財高輝度光科学研究センター JASRI/SPring-8 E-mail: tanaka@spring8.or.jp

\*\* 財高輝度光科学研究センター JASRI/SPring-8 E-mail: ohkuma@spring8.or.jp

Radiation Research Institute: JASRI) と当時の上海原子核研究所 (Shanghai Institute of Nuclear Research: SINR) との間に「ビームライン技術, 加速器科学, 放射光科学に関する協力, 人員交流促進に努める」という趣旨の協定が, SINR で締結された. SINR は現在では新しい研究所に生まれ変わり, Shanghai Institute of Applied Physics (SINAP) となっている. この当時, 上海放射光計画はまだゴーサインが出ておらず, 計画のための R&D を進める傍ら, 100 MeV ライナックを作り FEL の研究を開始する事だけが正式に認められた状況であった. このときにも, collaboration のテーマについて再確認されたが, その後も SPring-8 から数人の研究者が SSRF を訪れ, 議論をして帰ってくるという程度で具体的な進展はあまりなかった. ここまでの間に SPring-8 が果たしてきたものは, SSRF の人材育成への協力が主であったと言えるであろう.

2005 年に入って, 我々の周りでも SSRF の動きが色々と耳に入るようになってきた. 4 月 2 日に Zhao さんから「今まで 10 年余りの協力に感謝する. SSRF の建設も本格化し, 今後は更なる協力関係を深めて行きたい. 具体的には SSRF 加速器の要素技術の Review を SPring-8 で開き, お互いの研究者, 技術者の交換訪問を進めたい」という趣旨のメールが大熊に送られて来た. 具体的な事柄をメールのやり取りで進める中, 今度は田中に「Lattice に関する International Review を上海で開くから, 参加して欲しい」との依頼が届いた. これに参加した田中が上海で SPring-8 での要素技術 Review についての上海側の考えを聞いて帰ってきた. これを受けて, SPring-8 からは丸 1 日の Review Meeting, その後 2 日の個別の Discussion を 7 月 6 日～8 日に開くことを提案し, SSRF の同意も得られた.

以下に, これらの 2 つの Review Meeting について, その内容を筆者らの主観を交えて紹介する. 田中が 3 章, 大熊が 4 章の分担で執筆したものを取りまとめて, 一つとした. 筆者により表記の仕方などにくらかの食い違いがあるが, 間違いでない限り, 敢えて統一はしなかった.

尚, SSRF と SPring-8 との協力は, この他にもビームライン関係などでもいろいろと行われているが, 今回はそれらについては述べない.

### 3. SSRF Lattice Design Review Meeting

2005 年 5 月 30 から 31 日の日程で, 正式に予算化された SSRF 放射光計画の「蓄積リング, ビーム輸

送系, ブースターシンクロトロン」の電磁石 Lattice に関する International Review が SINAP で行われた. International Review の目的は, SSRF の円形加速器群の基本設計にお墨付きを与えることにあり, Review Committee は現設計の評価と改善提言からなる正式な Committee Summary を SINAP に提出しなくてはならない.

#### 3.1 Lattice Design Review Meeting 概要

表 1 に SSRF Lattice Design Review Meeting の Agenda を示す. Review Meeting を有効に機能させるため, e-mail で Review Point の明確化と Design Report の送付を事前に要求していたのだが, Report が筆者 (田中) に届いたのは日本を出発する直前であった. このため, 事前の準備が殆どできない状態で Meeting に赴くこととなった. 費用を SINAP 側が負担することもあり, Review 以外にセミナー (Reviewer 1 人当たり 2 件) も要求され, これが結構な負担となった. また, 現地で初めて分かったことであるが, Lattice Design Review Meeting と並行し, Beam Diagnostics Review Meeting なるものも行われていた. こちらに関しては, SPring-8 は全く無視された形で, 私としては釈然としなかった. SINAP 側の強い要望で, 初日の午前中のセッション及び 2 日目の Committee Summary 報告は, 2 つの Review Meeting が合同で行うことになった. SSRF の基本設計には SPEAR3 (Stanford) と SOLEIL の考え方や技術が色濃く反映されているが, Reviewer の選定も同様で, 2 つの Review Meeting で次のような内訳になっていた. Diagnostics Review: DIAMOND (英国), IHEP (中国), NSRL (中国), SSRL (米国), SOLEIL (フランス) の計 5 人, Lattice Design Review: SSRL, SOLEIL, SLS (スイス) (但し, 当日欠席), SPring-8 (日本) の計 4 人.

蓄積リング, ビーム輸送系, ブースターシンクロトロンの設計に関し, 表 1 の順番で SINAP のスタッフによる報告が行われた. これらの報告を受け, 筆者 (田中) を含む 3 人の Reviewer (他は, SOLEIL の A. Nadji, SSRL の J. Corbett) は現設計の総評に加え, 問題点の整理とそれに対する改善提言を 2 時間の限られた時間で取りまとめた. 筆者には, Committee Discussions は初めての経験であったが, 他の 2 人が有能かつ人格者であったため, 時間を 15 分超過したがレポート (Tentative) を無事作成できた. これはすこぶるハードワークであった. Committee Summary 報告は, 英語が母国語の Jeff Corbett が代表して行った. 帰国後, 3 人でそれぞれの分担箇所の

表1 Agenda for SSRF Accelerator Design Review Meeting

2005-5-30, Monday		
8:30	From Yingyuan hotel to SINAP	
09:00-09:10	Welcome Remarks	Zhao Zhentang
Session 1, Chair: Bob Hettel@SSRL		
09:10-09:50	Lattice Design for SSRF Storage Ring	Liu Guimin
09:50-10:15	Injection for SSRF Storage Ring	Li Haochu
10:15-10:30	Coffee Break	
Session 2, Chair: Bob Hettel@SSRL		
10:30-11:10	Orbit Stability and Orbit Feedback	Dai Zhimin
11:10-12:00	SSRF Beam Instrumentation Overview	Leng Yongbin
12:00-13:30 Lunch		
Session 3, Chair: Amor Nadji@SOLEIL		
13:30-14:00	Beam Stability and Beam Lifetime	Jiang Bocheng
14:00-14:15	Coffee Break	
Session 4, Chair: Hitoshi Tanaka@SPRING-8		
14:15-16:45	Discussions	
17:00	Leaving for Yingyuan hotel	
18:00	Reception	
2005-5-31, Tuesday		
8:30	From Yingyuan hotel to SINAP	
Session 1, Chair: Jeff Corbett@SSRL		
9:00 - 9:40	Design for SSRF Booster	Li Deming
9:40 -10:10	Injection and Extraction for SSRF Booster	Li Haochu
10:10-10:40	Design for SSRF Transport Line	Liu Guimin
10:40-11:00	Coffee Break	
Session 2, Chair: Amor Nadji@SOLEIL		
11:00-12:00	Discussions	
12:00-13:30 Lunch		
Session 3, Chair: Hitoshi Tanaka@SPRING-8		
13:30-16:00	Committee Discussions	
16:00-17:00	Committee Summary	
17:00	Leaving for Yingyuan hotel	
18:00	Banquet	
2005-6-1, Wednesday (Seminar on Database and High Level Application Software from the point view of Beam Dynamics)		
8:30	From Yingyuan hotel to SINAP	
Session 1, Chair: Guimin Liu		
09:00- 9:40	J. Corbett	Application Program in Matlab
09:40-10:20	H. Tanaka	Role of the Database in Beam Control and Operation at SPRING-8
10:20-10:40 Coffee Break		
Session 2, Chair: Zhinmin Dai		
10:40-11:20	A. Nadji	TANGO and Matlab Based Beam Control Application
11:20-12:00	S. Liren	Introduction to SSRF Control System
12:00-13:30 Lunch		
Session 3, Chair: Zhao Zhentang		
13:30-14:10	A. Nadji	Present Status of SOLEIL
14:10-14:50	H. Tanaka	Recent Progress of SPRING-8
14:50-15:10	Coffee Break	
Session 4, Chair: Zhao Zhentang		
15:10-15:50	J. Corbett	Beam Commissioning of SPEAR3
15:50-17:00	Discussions	
17:00	Leaving for Yingyuan hotel	
18:00	Dinner with all members in Beam Dynamics Gr.	
2005-6-2, Thursday (Option for Discussions)		
8:30	From Yingyuan hotel to SINAP	
9:00-12:00	Discussions in each collaboration items	
12:00-13:30 Lunch		
13:30-16:45	Tour to SSRF Construction Site	
17:00	Leaving for Hope hotel	

作成, 他の委員への説明と修正に忙殺されたが, 最終的には A4 で 20 ページにも達する立派な Committee Summary を 3 週間という期限内に無事 SINAP に提出できた。

### 3.2 Lattice 設計での問題点

蓄積リングの Lattice 設計はかなり良く検討されていると感じた。蓄積リングは, (a) 20 セルの CG 基本構造 (6.5 m 直線部), (b) そのうち 4 個が長直線 12 m, (c) RF は超伝導空洞を採用かつ 500 MHz と非常に SOLEIL の蓄積リングに似た構造になっている。一部 Impedance Budget にカウントされていない構造 (真空封止アンジュレータ等) はあるものの, やるべき検討項目の大部分がカバーされていた。大きな問題点として, 入射部の設計が完全に決まっていなかったことがある。ここでの問題点は, (a) バンプ電磁石に要求する強さが On-axis 入射まで考慮すると実現不可能なこと, (b) バンプとセプタム磁場の干渉, (c) 入射点近傍のスクリーンモニター配置, (d) 真空遮断窓の設置有無とその位置である。(a)に関しては, SPRING-8 での経験も踏まえ, DC バンプと併用してビームコミッション時に On-axis 入射を行うこととし, パルスバンプの必要磁場の上限を抑えることになった。(b)に関しても, 現状の配置では, パルスセプタムとバンプが近すぎ, 長直線部に入射部を構築した意味がなくなることを指摘した。

サイト (図 1, 2 に写真あり) がノイジーなのも問題になりそうである。有名なリニアモーターカー (最高時速約 430 km/h) や幹線道路がサイトのすぐ脇を通過している。勤める研究者にとってはすこぶる良い環境には違いないが, 安定なビームの実現には困難な場所を選んだものだとして, そのチャレンジ精神に感服した。まさに, SPRING-8 と正反対のサイト選定である。数 Hz の周波数領域で振動がかなり大きく, Peak-to-Peak の振動振幅が 10 ミクロンを超えている。これにどう対処していくのか, 今後が楽しみである。

問題が多いと感じたのは, ブースターシンクロトロンである。ここでは当初の 300 MeV の入射エネルギーが 100 MeV まで下げられ, 2 Hz でエネルギーを 35 倍にブーストするコストダウンが計られた。色々なパラメータにかなり細かくコメントしたため, 煙たがられてしまったが, 思想がよく分からなかったのは事実である。2 Hz の必要性も全く感じられなかった。偏向電磁石内のチェンバーはフィンなしで, ランピング時の 6 極成分がすさまじく発生する。それを主 6 極電磁石のランピングパターンで吸収するとい



図1 右半分に円周状にコンクリートが打ってあることが分かる。ここが蓄積リングのトンネル基礎部分



図2 3人のReviewer（右から、A. Nadji, 田中, J. Corbett）のSSRFサイトをバックにした写真

うのだが、微分の符号が急激に変化する変曲点を有し、どう考えても簡単に実現できそうもないパターンに見える。どのくらいの誤差まで許されるのか聞いてみたのだが、明確な回答が得られなかった。また、ダイポール補正電磁石も最低エネルギーでのみ補正し、スケーリングをしないそうである。かなりコメントしたのだが、SOLEILも同じ形式なのだそうだ。ビーム出射軌道を安定化させるのは至難の業であろう。ビーム純化に関して、どうやるか全く考慮していないようである。現ブースターで入射はできるかもしれないが、Top-up運転を安定に行うのは困難であろうというのが筆者（田中）の予想である。結局、SPEAR3はもちろん、SOLEILもTop-up運転はPhase-2の位置づけなのである。最初の設計に考慮しておかないとあとから修正するのが大変だということ

を幾ら言っても理解できないようである。Top-up運転の良さが証明された今日、新しくできる高輝度光源でTop-up運転が最初から実施できないとは、如何なものであろうか。

### 3.3 2つのセミナー

3日目に、Reviewerによるセミナーが催された（表1参照）。筆者は以下の2つのタイトルでセミナーを行った。Liuさんは2つともおもしろかったと言ってくれたが、実際の所、聴衆にとってどうだったのかは分からない。

#1: “Role of the Database in Beam Control and Operation at SPring-8”

#2: “Recent Progress of SPring-8”

ビーム制御と運転におけるデータベースの役割は、SPring-8の田中良太郎さん、山下明広さんに発表原稿を作成する際、ずいぶん手伝って頂いた。そのおかげなのか、評判は悪くはなかったようである。質問も多く、一番会場で受けたやり取りは、以下のようなものであった。質問1:「この大きなデータベースシステムの構築と保守にいったい何人のひとが関わっているのか？」答え1:「一人です。バックアップはありません。」質問2:「何かトラブルがあった場合はどうするのだ？」答え2:「最後のスライドで見せたMr. Databaseに電話します。」その後で、ちょっと調子に乗り、加速器の制御系をこんなに少ない人数で面倒見ているという現状を話したところ、crazyだと思われたようである。その後、盛んに各パートでどのくらいの人間が携わったか質問があった。人の多い中国では絶対に考えられない体制だったのだろう。

今回のReview Meetingの中で、所長のXuさんが唯一聞きに来たのが、筆者（田中）の2つ目の話であった。XuさんはSSRFプロジェクトにおいてTop-up運転の実現を重要視しているようである。特に、Top-up運転の精密実験へのインパクトとして紹介した2つの実験例（Inelastic X-ray ScatteringとCharge Density Study and Precise Structure Analysis by Powder Diffraction）の部分では、私の話に最前列で結構うなずかれていたのが印象的であった。しかし、所長の思いと現SSRFの加速器設計の間には、少しギャップがあるように思えてならない。

### 3.4 研究協力

Review Meetingの最中、何人かのSINAP関係者とSPring-8との協力の内容を話し合った。SPring-8は上海から飛行機で僅か2時間ほどの距離にあり、時差も少ないので、協力を進める上で地理的に有利ということであった。具体的研究協力項目として以下の



図3 Review of SSRF Mechanical Overall Design の参加者

4点が挙げられた。(a) SPring-8のデータベースシステム, (b) ブースターシンクロトロンRF系, (c) 加速器の機械設計, アライメントや据え付けなど, 先ず, 第一歩として, SPring-8でのTechnical Review(4章参照), (d) アジアにおける放射光施設間の情報交換会の枠組み作り。

#### 4. Review of SSRF Mechanical Overall Design

2005年7月6日にSPring-8において, SSRFの機器設計に関するReview Meetingが開かれた(図3)。SSRFからの参加者は, 加速器の責任者であるZhaoさん, Mechanical EngineeringのリーダーYinさん, 軌道解析のLiuさんなど, 総勢9名である。今回の主な内容は, 電磁石架台, アライメントと真空機器(放射光アブソーバ, チェンバ, など)に関することであった。SSRF側の希望もあり, KEKの研究者にも参加の打診をすることになった。時間が迫っていたことと, KEKではPhoton Factoryの改造, 夏期の運転停止期間の作業などが始まっている時期であり, 多くの参加は得られなかったが, KEKB真空グループの金澤さんが参加してくれた。また, これも上海側の希望から, 彼らのReview内容に合わせたSPring-8の経験を発表することになった。金澤さんもKEKBでの貴重な経験を話してくれることになった。

MeetingでのDiscussionを円滑に進めるため, SSRFの発表内容や関連する資料を事前にe-mailで送ってもらうことにした。しかしながら, 時間的な制約もあったのであろうが, 資料は散発的に送られてき

て, 一部の資料は直前に受け取ることになり, 十分に目を通しておくことは出来なかった。

Meetingのプログラムを表2に示す。Meetingは大きく3つに分かれた構成になっている。最初は上海計画の全体の概要をZhaoさんが, 次に蓄積リングとブースターシンクロトロンを設計したLiuさんが話した。YinさんはこのMeetingの主題であるMechanical SystemのOverviewを話した。165億円あまりという予算が日本の感覚では少ないように思えた。Zhaoさんの話に出てきた最初のビームライン8本を全て含んでいるとすると, ちょっと厳しいのではないかと思われた。中国ではこれで十分なのであろうか。電磁石, 架台, 真空チェンバの設計は最終段階を迎えているということで10月からは製作に入るそうである。今回のMeetingでのコメントを最終設計に反映するというのである。蓄積リングの設計は良く検討されているという印象であり, 432mという周長の割には, 初期のエミッタンスは $11.2 \text{ nm} \cdot \text{rad}$ (最終的には $3.9 \text{ nm} \cdot \text{rad}$ )と緩やかで余裕のある設計だと感じた。しかしながら, 3人の話に盛んに出てきたTop-up運転については十分な検討がされていないという印象であった。National projectとして建設するこれからの放射光蓄積リングではTop-up運転は必須アイテムと言っても良いと思うので, ブースターシンクロトロンも合わせて十分な検討が望まれる。

##### 4.1 電磁石, 架台, アライメント

次のセッションでは電磁石架台, アライメントについて, SSRFの設計とSPring-8の経験が話された。SSRFからは, 要求される据付制度, 基準点の設置, アライメント方法についてYuさんが, 電磁石架台の設計をDuさんが, 架台の剛性, 変形などの解析をWang Xiaoさんが話した。SSRFの電磁石架台は, セルの中の各直線部ユニット毎の4極, 6極電磁石を1つの架台に乗せる構成で, 予め架台上に乗せてアライメントをした架台毎にトンネルの中へ運び込む方法を取っている。架台上のアライメントはレーザートラッカーを用いて, 各電磁石上部の四隅にある基準点を用いて行うということであった。これに対して, SPring-8の電磁石チームからは経験に基づいた磁場測定, 架台内アライメント, 架台間アライメントの全体的な考え方を妻木さん, 具体的なアライメントの方法, 手順の詳細が松井さんと張さんによって紹介された。アライメントにおける手順の重要性などについてSSRFへの指摘があり, 有益な意見交換がされた。

表 2 Program for Review of SSRF Mechanical Overall Design

Date: 2005-7-6, Wednesday		
Place: Public Relation Center		
09:30-09:35	Welcome Remarks	Haruo Ohkuma
Session 1, Chair: Hitoshi Tanaka		
09:40-09:55	SSRF Project (15 min)	Zhao Zentang
09:55-10:15	SSRF Physics design (20 min)	Liu Guimin, Li Deming
10:15-10:45	Mechanical overall design and installation for SSRF accelerator (30 min)	Yin Lixin
10:45-11:00	Coffee Break	
Session 2, Chair: Hiroto Yonehara		
11:00-11:20	Survey and alignment (20 min)	Yu Chenghao
11:20-11:50	Girder system design (30 min)	Du Hanwen
11:50-12:10	Girder analysis (20 min)	Wang Xiao
12:10-13:20	Lunch	
Session 3, Chair: Hiroto Yonehara		
13:20-13:50	Alignment strategy of SPring-8 storage ring-alignment method and role of girder (30 min)	Koji Tsumaki
13:50-14:20	Magnet installation procedures-from survey to precise alignment (30 min)	Sakuo Matsui
14:20-14:40	Precise Alignment of the Magnet Units (20 min)	Chao Zhang
14:40-14:55	Coffee Break	
Session 4, Chair: Haruo Ohkuma		
14:55-15:25	Vacuum system design (30 min)	Yin Lixin, Wang Zhishan
15:25-15:45	Layout of vacuum system and absorber design (20 min)	Chen Liping
15:45-16:00	Coffee Break	
Session 5, Chair: Haruo Ohkuma		
16:00-16:30	Vacuum System of SPring-8 Storage Ring (30 min)	Masaya Oishi
16:30-16:50	Beam fluctuation due to chamber vibration (20 min)	Tetsuhiko Yorita
16:50-17:10	Synchrotron radiation related phenomena in KEKB (20 min)	Kenichi Kanazawa
17:10	Closing	Haruo Ohkuma
18:00	Reception (at the Special Room of Cafeteria)	

## 4.2 真空システム

真空に関するセッションでは、SSRF から Yin さんが蓄積リングおよびブースターシンクロトロン真空システムについて発表し、Chen さんが放射光アブソーバを中心とした話を披露した。SPring-8 からは、大石さんが蓄積リングの真空システムの全体を運転開始後の圧力の変遷、ビーム寿命の改善などを交えて発表した。依田さんは冷却水などが原因となるチェンバの振動とビームに与える影響についての話をした。KEKB の金澤さんからは、KEKB の真空システムの概要、Cu チェンバの洗浄、光脱離係数、放射光によるチェンバの変形、変位、Cu のエロージョンなどの話が紹介された。

チェンバの設計は R&D の時より大分違ってしていると感じた。大きな変更点は、R&D ではアルミ合金製の削り出しで作った上下 2 分割のチェンバを溶接して

チェンバとするものであったが、偏向部のチェンバなどはそのままだが、一部真空チェンバに SUS 製のチェンバを使うように考えを変えたことである。これは 100 Hz の高速ビームフィードバックを行うためとのことであった。SUS チェンバが必ずしも悪い訳では無いが、アルミチェンバと違った難しさがあり、ベーキングの温度も異なるなど取扱いも違って来る。100 Hz の高速フィードバックが本当に必要かをもう一度、考えて見るのが望ましい。KEKB の金澤さんもこの事は再三コメントしていた。同じく、金澤さんが最初に指摘したことに、SIP/NEG のコンビネーションポンプと Ti サブリーメーションポンプ (TSP) を、アブソーバ部の排気ポートと一緒に付けている問題がある。TSP のフラッシュ時に放出されるガスは NEG により吸着され、NEG 活性化時のガスは TSP の Ti 膜に吸着され、各々のポンプの性能が損なわれる可能

性がある。筆者（大熊）も同感であり、実際にこれに類する苦い失敗を経験したことがある。その他に、真空ゲージの位置、長いチェンバのサポート方法などについても指摘、議論があった。アブソバは全体的に良く検討されているようであったが、形状が少し複雑なものがあるのが気になった。

SPring-8 では、トンネルへの据付前に、Normal cell の機器を実機と全く同じに実際に組み立てて問題点、実際の据付時の注意点を洗い出すという試験を行った。組み立て後のベークも行き、到達圧の確認、各部の変位、変形のチェックなどを行った。このことは、真空システムだけでなく、電磁石システムについても有効であり、SPring-8 の電磁石チームからも指摘があったが、是非、実行を検討するべきであると思う。

### 4.3 個別の議論

Meeting の翌日、翌々日は、SSRF の人たちの希望に出来るだけ沿うような構成で、個別の議論を計画した。筆者（大熊）が参加したのは真空に関するものだけであったので、その他については詳しいことは分からないが、予備の真空チェンバや図面を見ながらの議論は、Review Meeting での質疑応答などでは踏み込むのが難しい詳細な部分について話をするのが出来るので有効であった。セラミック部のメタライズと溶接、ポンプ配置などについて、実際の図面を囲みながら議論が深められたと思っている。

電磁石架台、アライメントも磁場測定装置、予備の電磁石、架台などを実際に目にしながら議論が行われた。SSRF の人たちが今回滞在する期間中は運転中で、加速器を実際に見る機会はない予定であった。しかしながら、実験中の放射光ユーザーにとっては不幸なことであるが、彼らにとっては幸い(?)、電力会社の送電線への落雷による瞬時電圧降下が起こりビーム運転が停止した。激しい落雷が続いていたためにしばらく運転を見合わせる事にし、この間、トンネル内に入室して作業をする事になったため、短時間ではあるが彼らに蓄積リングを見せることが出来た。電磁石、チェンバ、ポンプなどのサポートシステム、冷却水配管などを熱心に見ていた。

個別議論の1つとして、ブースターシンクロトロン設計に関するものが開かれた。SPring-8 の軌道解析（筆者（田中）、他）とブースターシンクロトロン

を担当する者（米原、青木、他）が集まり、SSRF の人たちと議論をした。SPring-8 で行っているブースターシンクロトロンでの高純度単バンチビームの生成、蓄積リングへの入射のための軌道制御、ランピング時の補正 dipole 電磁石の同期スケーリングの必要性、などが議論された。SPring-8 からは Top-up 運転のためにはブースターシンクロトロン設計を十分検討することが必要であることが強調された。

### 4.4 Comments on SSRF mechanical design

Meeting の約3週間後に、SPring-8 関係者、KEK 金澤さんの Comments をまとめた Document を SSRF に送って今回の Review は完了した。Comments はかなり具体的に踏み込んだ指摘も多く、設計の見直しには有益なものであると思っている。その後、SSRF からは特にデザインの変更などについての情報は入ってこないが、我々の指摘は生かされたのだろうか。

## 5. 今後の協力関係

中国に限らず、アジアの国々と協力関係を持つ場合、一方通行の協力になる場合が多い。これまでに SSRF との交流のなかで SPring-8 加速器にとって得るものはあったのだろうか？皆無では無いにしても、SSRF 側が得たような新たな知識というようなものはほとんどないし、形として残ったものも無いと思う。もちろん、交流を深めたということには大きな意味があるが、両者にとって具体的な形として残る成果がないと、本当の意味での collaboration とは成り難いと思う。

今回の2つの Review でも SPring-8 や他研究機関からの参加者の意見を、SSRF がどう受け止め、どう生かしたかがきちんと伝わってこない、更に深い交流を進めることは難しくなる可能性がある。いつのまにか時間が経って、どう生かされたのかが分からないのでは、積極的に collaboration を進める気にはならなくなる。SSRF の建設はこれから本格化するので、今後期待するが…。これらの事がきちんとしさえすれば、たとえ現在は一方通行の協力であっても、加速器が完成して施設の運転が軌道に乗れば、お互いに得るものの多い本当の意味での collaboration が始まると期待している。