

国際協力

アジアでの研究交流—現場からの報告

川島 祥孝*

Research Interchange in Asia—A Report from an Actual Place

Yoshitaka KAWASHIMA*

Abstract

I have so far visited Korea, PAL (Pohang Accelerator Laboratory) to support the stabilization of the accelerator. This article describes my experience and opinion on research interchange in Asia, particularly in Korea and Japan.

はじめに

科学技術庁が推進していた放射光施設 SPring-8 計画の一員として私が理研に移り加速器業界に足を踏み入れたのが 1991 年です。当時 SPring-8 の加速器全体を設計した原 雅弘さんを中心に働き始めました。それ以前私は KEK の今里さんと弱い相互作用に関する V+A 探査実験、さらに現在名古屋大学の大島さん達と ϕ -factory 計画に関わり純粋物理そのものをしてきました。SPring-8 で私は蓄積リングの RF 担当者となり、加速空洞とその周辺機器がデザイン値である蓄積電流 100 mA を安定に蓄積できるよう設計、製作してきました。そして大きな加速器の場合特に問題となる基本周波数を安定に各 RF ステーションに分配する技術的問題について考え、さらに線型加速器の電子銃トリガーを含め電子ビームをブースターシンクロトロンに打ち込み、それを加速し正確に蓄積リングの目的とする RF バケットに入射するタイミングシステムを設計製作してきました。SPring-8 の建設に関して入射器部は原研の担当で、蓄積リングは理研の担当と別れていました。このように独立した組織形態の状況下において、私が理研に入った当時、加速器関係に関する組織間の交流はほとんどありませんでした。幸い原研側の横溝さんや米原さん達の協力が得られ私はビームを正確に制御するためタイミングシステムのハードを同僚の大橋さんと製作しました。そして電子銃のトリガーシステムを理研から原研に持ち込み原研

の宿舎に泊まり、原研の線型加速器担当の堀さんに手伝ってもらい電子銃から電子ビームを出射しタイムジッター等の測定を行うことができました。さらにブースターシンクロトロン の 5 連空洞のプロトタイプの試験、さらに本番用の空洞など原研の鈴木(寛)さんを中心とした人達と協力してブースターシンクロトロン の RF システムを構築してきました。1996 年後半から SPring-8 の線型加速器の運転が開始され続いてブースターシンクロトロン の立ち上げ、そして 1997 年前半電子ビームがブースターシンクロトロンから順調に蓄積リングに移送されました。最初の電子ビームが蓄積リングに正確に入射され、いきなり蓄積されたのには驚きました。現在、蓄積リングの RF システム全体は非常に精密かつ安定に維持され蓄積リングの電子ビームは世界一安定に蓄積されていると言っても過言ではないのではないのでしょうか (RF システムの問題で蓄積中のビームを落とすことがほとんど無いという意味において)。このように加速器の世界に全く素人であった私が SPring-8 で培った実績のお陰で国外の放射光施設を手伝うことになりました。その最初の機会を私に与えてくれたのがベーさん (Bae Suck Hee) です。彼は SPring-8 の建設に最初から関与し、真空グループのリーダーとして蓄積リングの真空を設計製作され理研を定年退官後、韓国の PAL (Pohang Accelerator Laboratory) の所長になりました。彼が PAL の所長の時、2000 年 1 月 PAL の RF 部門のリーダーの方から私に電子メールで招待状が送られて

* 高輝度光科学研究センター
Japan Synchrotron Radiation Research Institute
(E-mail: kawasima@spring8.or.jp)

来ました。それが最初のきっかけとなり、その年の4月初めて韓国を訪問することになりました。実はPALとSPring-8は研究協力の協定が存在します。しかし協定内容の中には加速器は含まれていません。私はSPring-8の組織の一員ではありますが協定にのっらず個人として招待されました。そのような協定がある事やその内容等について私はPALを訪問して初めて協定文の写しをいただき知った次第です。第一回目の訪問を機にこれまで3回PALを訪問しました。最初の2回はRF関連の件でありました。3回目は線型加速器から電子ビームを精確に蓄積リングの目的のRFバケットに入射するタイミングシステムを再構築するためでした。

近年アジア各国において放射光施設が次から次へと建設され、さらにこれから建設されようとしています。このような中で阪大の磯山さんから個人的にタイの放射光施設のタイミングシステムの手伝いを依頼され手伝えることができました。またこれも個人的ではありますが台湾の放射光施設のRF担当の方から約2時間程の周期で蓄積リングの電子ビームがRFシステムの原因により不安定になるという問題の相談を受け対応してきました。その後台湾の放射光施設の方々がこれまでに3度も我々のRFシステム見学のため来所しています。

私は加速器、特に放射光施設の建設に関わったお陰で、全く予期しなかったアジア各国の人達と付き合う機会を持つ事ができ非常に幸せだと思っています。この記事において、特に私が韓国の放射光施設と関係を持つにあたり、私なりにどのように準備をしてきたか、そして彼らとどのように付き合おうとしてきたか、そして現在付き合っているか私の体験をとりまとめもなく書くことにします。この文章を通してこれからアジアの人達、いや世界の人達と付き合おうとしている皆さんの参考になれば幸いです。

1. 韓国訪問の準備

韓国を訪問するにあたり、私は本屋さんにゆきハングル語の本と韓国の文化や習慣についての本を購入しました。目的は一人で韓国を歩くことができるよう韓国語のハングル文字を読めるように勉強することでした。私が中学生の頃、英語会話を勉強するにあたり耳から学ぶ事が大事なのでリングフォンと呼ばれる教材を購入し聴いたものです。ところがいざ韓国語を耳から聴いて勉強しようとしたのですが、2000年当時ほとんど耳から学ぶ教材が本屋さんでは簡単に見当たりませんでした。最近では韓国の恋愛劇が日本で大流行し

町の本屋さんにゆくと韓国語を耳から勉強する教材が容易に手に入るようになりました。劇的な変化です。大衆文化というものは恐ろしいことです。ただこれが一過性で終わらないことを望むばかりです。

韓国語を勉強している中で私が非常に驚いた点があります。日本語と韓国語どちらの言葉にも助詞が存在し、ほぼ両国の言葉は同じ語順であることでした。さらに敬語が日本語以上に発達しています。敬語は使い方が難しく私は研究者と付き合う時は失礼な韓国語の言い方を恐るのを恐れ会話は英語のみ用いています。そして非常に興味あることに日本語の単語と韓国語の単語には似通ったものが多々存在するという事です。歴史的には日本書紀にも書かれているように古代韓国から大勢の人達が日本に移り住んでいることは歴史的事実です。歴史的に言葉がほとんど語順にしても意味にしても似通ったものが沢山あるのは当然のように思われます。一つ興味深い単語をあげますと、奈良という町があります。我々一般の人達にとって、この奈良の町は単に都市の名前でありそれ以上の意味は無いように思われます。ところが韓国語を勉強するとNARAという発音の単語は国を意味します。古代飛鳥時代以前から奈良時代を生きた人達は実は場所に名前を付ける時、意味があって付けたのではないのでしょうか。興味のある方は韓国語を勉強されると良いと思います。

さて、日本以外の国に行く時、純粋な観光旅行を除いてその国の社会における習慣を勉強して行かないと自分が現地の人達に嫌悪感をもたれる存在となります。私は韓国の基本的な生活習慣について一通り本を読んで頭に入れました。一つ例をあげますと、日本では食事の時、皿を左手で持ち上げ皿の中の食物を箸で取って食べたところで誰も文句を言いませんし変だとは思いません。ところが韓国ではこの皿を持ち上げる行為が失礼な事なのです。韓国で彼らと食事をする時、絶対皿を左手で持ち上げて食べてはいけません。もちろんお茶やコーヒーを飲む時、カップを持ち上げるのは問題ありません。私が購入した本には記載されていませんでしたが韓国では非常識な行為を現地で私がしていたことがありました。彼らと親しく付き合ってお互いの性格もわかり普通に付き合えるようになった時、私が失礼なことをしていたことを韓国の友人が教えてくれ初めて知る事になりました。それは例えばビールをグラスに注いでもらう時、私が子供の頃左利きだったのでいまだに時々左手でコーヒーを飲み、またビールのグラスも左手で持って飲みます。そして相手がグラスにビールを注いでくれる時、私は左手にグ

ラスを持ってビールを注いでもらうことができました。この行為も失礼な事だそうです。必ず右手でグラスを持っていないと駄目とのことです。

上記の例で述べましたように日本を出発する前に訪問先の生活習慣について勉強する事、そして現地の人達と長く付き合ってお互い本音で話ができるようになると本に記載されていない事をどんどん教えてくれるようになります。この体験は私が物理の研究者としてアメリカで研究生生活をしていた頃、私の英語の使い方を周囲の人達とその場で訂正し教えてくれた状況と全く同じでした。上記の例で共通している事は、どの国の人とも正直に付き合うこと、そして長く付き合っていると本音で話ができるようになります。そうなればお互いの性格も理解し合い生活習慣の違いもそれほど問題にならなくなります。なぜなら、その場で直ぐ訂正してくれるようになるからです。

2. 韓国への旅

さて私にとって初めての韓国の旅です。正直に申しまして韓国を訪問するまで西洋に対する興味や好奇心と比較し韓国に対するそれは非常に低かったということです。飛行機で日本から点から点に飛んでしまうとその間が全く読めなくなります。せっかくいただいた機会なので私は線とできれば面の旅をすることにしました。先ず九州の博多に新幹線で移動しそこから韓国のプサン(釜山)まで水中翼船で渡ることになりました。わずか3時間でプサンに到着します。途中対馬の島を眺め日本語と韓国語の入り混じった船中の人々の会話を聞きながら、古代から韓国と日本はこの海を渡って交流していたのかと古のことに思いを巡らせているうちに外国に到着です。地図上で日本に最も近い国の一つが韓国であることは知ってはいましたが実際自分が船で韓国に渡って初めてその近さを実感できました。到着し通関手続きをすませやっと韓国に降り立ち最初に韓国の通貨であるウォンに1万円を交換してもらいました。たった1万円ではいいのかと思われるでしょうがウォンの円に対する貨幣価値は約1/10です。したがって1万円がウォンに交換されると我々日本人にとって10万円になったのと同じなのです。これで2週間滞在予定の生活費として十分だと思いました。実際2週間滞在した後お金は十分余りました。観光案内所でプサンの市街地図をもらい近くの地下鉄の駅に徒歩で行きました。ちなみに地下鉄は韓国の発音でCHIKACHORUです。ほとんど発音も日本語と同じです。プサンからPALのあるポーハンの町まで高速バスで約2時間半位です。高速バスの

バスターミナルまで地下鉄で向かいました。地下鉄の駅名はもちろんハングルで書かれていますので私のハングル語学習効果がここで発揮され自動券売機で目的地までの切符を購入することができました。地下鉄の駅を出てバスターミナルに行きポーハンまでの高速バスの切符を購入し(もちろんハングルが読めないと購入できません)高速バスに乗り込みました。韓国は鉄道もありますが高速道路が発達しておりバスの方が便数も多く便利です。韓国に到着してからずっと独特の匂いが町全体を覆っていることに気付きました。後で解った事ですが、これはキムチの匂いです。キムチを十分発酵させたその匂いです(韓国人に言わせるとコチジャンの匂いだと言うかもしれません)。高速バスに乗り車窓から見える風景は日本の町となら変わりがありません。但し高速道路は非常時、戦闘機が発着できるよう中央分離帯が撤去可能な作りになっています。これは韓国の友人が教えてくれました。韓国の若者は必ず徴兵制度に従って軍事訓練を受けなければならないので彼らは軍事関連の事を熟知しています。田舎の風景は日本の中国山地を走っている感じでした。ポーハンのバス駅に到着した後、私が泊まる宿舎まで通常のバスで行きたかったのですが路線バスの情報を全く持ち合わせていませんでした。しかたなくタクシーに乗り込み目的地とする宿舎までお願いしますと韓国語でタクシーの運転手に告げました。するとタクシーの運転手は私を韓国人と思ったのでしょうか話しかけてきました。当然私はなにを言われているのか全く解るわけがありません。私の宿泊した場所はポーハンの町にある韓国最大の製鉄所所有のお客さん専用宿舎として利用されている場所でした。最初1週間そこに泊まり、後の一週間は私の希望でPALの近くにあるポーハン工科大学(POSTECH)の学生寮の一室に変更してもらいました。理由は学生さん達と朝食から夕食まで一緒に生活し彼らの暮らしを見たかったからです。食事は朝からキムチの味です。辛いキムチは食べ放題、取り放題です3食彼らと全く同じものを食べていたら胃の調子がおかしくなりました。薬局に行き薬を購入し少し楽にはなりました。韓国に行って私は初めて主食がお米であることを再認識しました。彼らはよくお米を食べます。金属製それもステンレスの箸とスプーンでみそ汁もありこれでご飯をたべます。なぜ金属製の箸で食べるのか私の周辺の人達に尋ねたのですが理由を知っている人はだれ一人いませんでした。日本に帰国し調べた結果、昔王様が食事に毒を盛られ毒殺されることを恐れ、食事の中に毒が入っているか検証するため銀製の箸を使い始めたのがきっかけ

だそうです（注意：銀の色が毒により変化するとのことです）。私はポーハンの町でパン屋さんを捜したのですが見つけることはできませんでした。プサンの町を散策した時、一軒パン屋さんをみかけただけです。学生さん達のついでに述べると、大学構内の食堂とスナック菓子等の売店は深夜零時近くまで営業していました。学生はその時間まで学内で勉強する人達もいるし騒いでいる人達もいました。大学の外の一般の町では深夜過ぎまで大学受験生が勉強した後、専用バスで帰宅している光景が印象に残りました。韓国では日本以上に学閥が厳しくよりよい大学に入学するための受験勉強が韓国全土を覆っているのだそうです。日曜になると大学の食堂が家族連れでにぎわっていました。理由を聞いたところ日本では家族でレストランに出かけるのに対して、韓国では大学の食堂は安くかつ色々な種類のメニューがあるので一般の家庭にとって大学の食堂が一種のレジャー施設となっているのだそうです。

3. PALで最初の一週間

韓国放射光施設は PLS (Pohang Light Source) と呼ばれ、PAL の中にあります。そしてこの PAL は POSTECH (ポーハン工科大学) と呼ばれる私立の大学構内に設置されています。この大学はボスコと呼ばれる韓国最大の製鉄所が運営しアメリカの MIT をまねて作ったのだそうです。大学周辺は韓国の一般的な風景とは全く異なりアメリカその物です。韓国最初の放射光施設はこの大学構内に韓国政府がお金を出して製作したものです。韓国の加速器を含む高エネルギー関係のリーダーであるナムクング（南宮）教授はこの大学に所属し彼がこの放射光施設をこの大学に誘致したとのこと。彼とは食事を一緒にして色々議論させていただきました。彼は日本の科学、政治、文化等あらゆることを非常に良くご存知で博学な方でありました。

さて現在 PAL の加速器は 150 m 長の 2 GeV 線型加速器と周長約 280 m の蓄積リングからできています。加速空洞は現在 J-PARC 所属の山崎さんが設計された KEK の放射光施設と同じ 500 MHz の周波数を用いた単セル加速空洞が 4 台設置されています。蓄積リングは電子ビームのエネルギーを 2 GeV から 2.5 GeV まで上げることができるようになっています。線型加速器は SLAC で加速器を学んだ人が加速器全体のリーダーとして在任し、彼が SLAC の線型加速器とほぼ同じものを製作していました。私が PAL に到着した時、加速器は放射光利用のため運転

されそれから 1 週間後、マシンタイムとして時間を割り振られていました。私が PAL に 2 週間滞在中にした理由はユーザー運転時の加速器の状態を実際見たかったので 1 週間はやく PAL に来たのです。毎日 RF グループの連中といると頻りに RF システムが原因で蓄積電子ビームが不安定になりスタッフが呼び出されていました。RF システムに問題が発生する都度、私は彼らと付き合い現場でどのような問題が発生しどのように対処しているのか見ることができました。そして 2, 3 日すると主な問題点が見えてきました。同じ経験は 1993 年フランスのグルノーブルにある ESRF というヨーロッパ放射光施設を訪問し 1 週間 RF グループの連中と付き合った時と全く同じ状況でした。ESRF の RF グループの人達も RF システムが不安定で苦勞していました。ここ PLS の RF システムと ESRF の RF システムはほとんど共通した問題が発生している事を思い出しました。そのような中で SPring-8 の RF システムについて PAL で講演を要請されていたので、私は SPring-8 の RF システムにおいて運転中問題になった“Negative results”という題で話をしました。もう一つの講演は、日にちを変えてビームを制御するタイミングシステムについて話をしました。RF の負の結果の一つであるサイリスタ電源ノイズの問題に言及し、できたらサイリスタ電源は用いない方が良くと言うと PAL の加速器部門のリーダーが PLS 蓄積リング RF システムではサイリスタは全く使用していないと言われました。ところが PLS 蓄積リング RF システムの 4 台あるクライストロン電源の一つが頻りに不安定になることを私は見ていたので現場で RF のスタッフにこの装置は何か質問したところ、実はクライストロン高圧電源に供給する AC400V 電源を安定化するためイギリス製の IVR を 3 台導入した。ところが残りの一台は韓国製でサイリスタを用いて電源の安定化を計ったがこれが問題を発生しているのであると RF の担当者が私に正直に述べました。つまりサイリスタが 60 Hz の整数倍の高調波を出し、クライストロンの中で 500 MHz が増幅される時、電源ノイズでその位相が振れる。それが RF low level system に組み込まれている位相安定化回路のフィードバックのループ周波数と一致し、お互いが干渉しあい不安定を発生していました。だから担当者はこのループの周波数をどちらかに振ることにより時々発生する不安定をなだめていたのです。私はこのサイリスタを用いた安定化電源はやめてイギリス製の IVR にした方が良く提案しました。その後、2 度目に韓国を訪問した時

私の提案通りイギリス製の IVR に変更され問題の発生は無くなったとのことでした。RF システムに関し加速空洞用冷却水の温度変化は約 0.2°C 以内で非常に安定していました。RF の low level system はモニターするところがほとんど用意されていないのでどのような問題が発生したか直ぐ判定できないシステムとなっていました。そのため、かつて 500 MHz ラインに挿入されていたアッテネーター 1 個が故障しかけビームを不安定にして何週間も原因が解らず困った経験をしたそうです。私は SPring-8 において同僚の大橋さんと KEK の TRISTAN において RF low level system を構築された絵面さん達が開発し、そして製作した RF モジュールを用いたシステムを SPring-8 用に導入しました。そしてできるだけ多くの場所における信号をモニターとして計算機に取り込むようにしました。こうすれば過去から現在までのデータを直ちにグラフとして視覚化しどこが故障しかけているのか速く原因を特定することができるからです。この方法は大橋さんや私が元々高エネルギー物理実験屋であったので、できるだけ多くのモニター用データを計算機に取り込むことは実験屋として当然の事でありました。その後、ここ韓国放射光施設の RF システムも我々と同じように彼らは独自にハードウェアを製作できるだけ多くの信号をモニター用として計算機に取り込むことができるように改造を進めています。PLS における RF システムで私が気付いた他の重要な問題は、線型加速器からビームが最大 60 Hz で蓄積リングに入射し蓄積電流がどんどん増加しているにもかかわらず蓄積リングの加速空洞電圧はどんどんビームに食われ下がっていることでした。PLS の場合、蓄積電流を計算機で読み取りその後加速空洞の電圧制御を行うシステムをとっており私が応答時間を質問したところ、ビーム電流変化から加速空洞の電圧制御までの時間は約 2 秒かかっているとのことでした。これに関し応答時間を短くするため空洞内電圧を一定に保つハードウェアを製作するように提案しその後そのように改造されました。二度目の韓国訪問はこの RF low level system を全面的に改造するのが目的でした。他の細々とした問題は多くありましたが、その中で現場担当者から相談を受けた問題は加速空洞内にパワーを導入するカップラーのセラミックス製窓が割れるので困っているということでした。担当者に SPring-8 ではこの問題は発生しないか質問されました。ちなみに SPring-8 の蓄積リングには加速空洞が 32 台設置されており、空洞の数と同数のカップラーがあります。しかしまだ一度も割れた事はありません。そし

て担当者の方とビームが無い時、現場に見にゆきました。そうするとカップラーが一番近い場所に設置されている導波管のベロー部が固定されていたのでこれを先ず緩めるように指示し直ぐ実行されました。さらにカップラーの窓を割らない対策として真空ゲージの CCG のリアパネルから出力されているアナログ信号を直接高速のディスクリミネーターに入れ真空悪化を検知しできるだけ短時間で RF パワーを切るようにすれば良いと提案しました。

4. 息抜き

ユーザー運転が終わり日曜日となり、所長のペーさんと弁当を持って遠足にでかけることにしました。ペーさんは私が韓国に来る時、日本から必ず運動靴を持ってくるように指示されていたので持参しました。ポーハンの南約 20 km 地点にキョンジュ（慶州）という町が存在します。朝鮮半島が高句麗、百濟、新羅の 3 国に別れていた時、A.D. 676 年新羅が 3 国を統一しその首都としたのがこのキョンジュの地です。その町外れに標高 100 m くらいの小高い山が連なっている場所があり、ここが目的とするハイキングコースでした。ポーハンの町からキョンジュまでバスで移動し、そこからハイキングの目的地まで 2 km 位あったでしょうか、二人で韓国の農村風景を楽しみながら歩いてゆきました。途中ペーさんが色々遺跡を説明してくれ王様が遊んだ場所等を見て回りました。途中で点在する韓国の中の農家の庭にも柿の木が植えられておりこれは日本の農家とそっくりであるという印象を持ちました。さて小高い山に上り始めると直径 1.5 から 2 m くらいの塚が所々にありました。ペーさんの説明では韓国では人が亡くなるといまだに見晴らしのよい山の中腹に死体を埋葬する風習が残っていてこれらの塚は全てお墓ということでした。この小高い山の尾根伝いに歩くと、所々に点在する岩の中に石で作られた仏像等が新羅の時代からそのままありました。仏教伝来がはるかインドから中国、そしてこの地を経て日本に伝えられたと考えるとなんと悠久の時を経て静かにたたずむ仏像を見ているだけで気持ちの落ち着くことやら。この尾根伝いのハイキングの走行距離は約 1 から 2 km くらいでした。キョンジュは現在世界遺産として国際的な観光地となっています。しかし私がペーさんに連れられてハイキングを楽しんだ場所は一般の観光客は訪れることは少ないと思われます。ましてや外国人である私がハイキングをしながら歴史的仏像を觀賞する体験ができるなど思いもよらないことでした。

5. PALでマシンスタディー

韓国最初の放射光施設の蓄積リング (PLS) においてもっと安定にビームを蓄積したい、そしてさらに蓄積電流を増やしたいというのが彼らの意図するところでありました。当時ユーザー運転中の蓄積電流は約 150 mA 前後でした。加速空洞とその周辺機器が原因で蓄積ビームを不安定にしていることを取り除くため、アメリカから購入した高価なフィードバックシステムが導入されていました。そしてその装置を動かし博士号を取得するため大学院の学生が一人いました。このフィードバックシステムを担当している学生にいろいろ質問したところ、蓄積ビームを安定にするためフィードバックシステムを導入したが完全に不安定性を押さえきれないということでした。さらに大学院生によるとフィードバックシステムでは抑制できない現象が発生しているように見えると私に教えてくれました。私は夕方から翌朝までマシンタイムをもらい、RF スタッフとどのようなビーム不安定性が発生するのか見る事にしました。私は KEK-PF の初期の頃の山崎さんや小早川さん達を書いた論文の写しを多く携えて韓国に持ち込み彼らにこれらの論文をよく読むように置いてきました。実際、私が SPring-8 の RF システムを構築するに当たり KEK-PF のスタッフが書いた昔の論文が非常に役立ったし基本的問題に関する対処方法や答えがそこにほとんど書かれています。電子蓄積リングをこれからやる人や既に携わっている人達には彼らの論文と当時 PF に関わった人達の書いた論文を必ず一読することを勧めます。さてマシンスタディーが始まりビームが 100 mA くらい蓄積され BPM 信号をスペクトラムアナライザーで見ると同時に先程のフィードバックシステムを維持している大学院生にそれを運転せず逆にビームモニターとしてビームの動きを観測してくれるように頼みました。蓄積電流が 150 mA を超えた辺りから蓄積ビームの動作に不安定が発生してきました。スペクトラムアナライザーで見ると空洞に起因するある不安定性を引き起こす周波数の一つが見えていました。4 台ある加速空洞のどの空洞からそれが発せられているのか同定するため共振用可動チューナーをロビンソンの不安定性を予防するために基本周波数のチューニングをずらせているが、さらにずらす方向にチューナーを動かすよう要請しました。それによりどの空洞が不安定発生源となっているのか簡単に同定できました。SPring-8 の場合、空洞のピックアップポートを 2 分岐し、一つはチューナー制御用として使用し他方を空洞内部の不

安定性のスペクトラムを観測できるよう通常 50 オームで終端しています。さらに我々の場合、不安定を引き起こしている周波数がわかればどの加速空洞が原因で問題が発生しているのか直ちに判定できます。なぜなら 32 台設置している空洞の半数の 16 台が空洞の内径を 200 ミクロンずつずらして製作しているため、16 台の空洞はそれぞれ不安定性を引き起こす独立した周波数を持っていることになるからです。このように同じ寸法を持った加速空洞が 2 台存在します。従って周波数から 2 台の空洞が原因であることが特定できます。そして不安定を押さえるために基本周波数調整用とは独立に付いている可動チューナーを遠隔で動かすことによりどちらの空洞が原因か簡単に判定できるようになっています。さて PLS に戻って不安定が発生している加速空洞内部の周波数振幅を押さえるため加速空洞本体の寸法を変えてやることにしました。この方法は空洞を冷却している冷却水量を絞ったり増やしたりすることにより共振している悪い周波数をずらし不安定を押さえることができます。このような方法により約 300 mA まで蓄積することができました。それ以上蓄積電流を上げようとしたが特定できない不安定性のため蓄積電流を上げることができませんでした。もちろんクロマティシティーも変えましたが変化はありませんでした。こうして朝になり、その日の内に一晩で実施したことを英語でまとめ加速器のリーダーに提出しました。その中で特に 2 点、加速空洞内に起因する不安定を押さえるため冷却水量を変える方法と同時に、我々 SPring-8 で基本周波数とは別に不安定を押さえるための可動チューナーを取り付けているのでもし可能なら将来取り付けることを検討してほしいこと。そしてマシンスタディーで蓄積電流が 300 mA 前後で空洞本体とその周辺機器以外のところが原因で不安定性が発生しているように見えることを報告書に書きました。後者のことは後に姫路工業大学（現在の正式名は兵庫県立大学）付属の放射光施設 NewSUBARU の安東さんが PAL を訪問しその現象がイオントラップであることを指摘しその通りであったとのことです。この不安定性はビームを入れない RF バケットを飛び飛びで増やす事により簡単に押さえることができます。しかし PLS では簡単にビーム蓄積パターンを変更できるタイミングシステムになっていませんでした。幸いにも兵庫県立大学付属の放射光施設である NewSUBARU が韓国の PAL と日韓拠点大学交流（日本側：京大）の一環として共同研究をしていました。彼らが NewSUBARU を訪問した時、NewSUBARU へのビーム入射がいつでも

入れたい RF バケットの番号に入れることができるし同じ RF バケットに追加入射も簡単に常に蓄積電流を一定にすることもできることを実際見てその便利さに驚嘆していました。さらにどのような蓄積パターンも簡単にできるのを見て同じシステムを導入したいということで私は RF システムの件がほぼ一段落したので今度はビーム入射システムを改造したいという彼らの要請に従い 2003 年 11 月 PLS のビーム入射システムを NewSUBARU と同じ方法に変更するため手伝ってきました。

6. その後

韓国の放射光施設の方達とは現在も電子メールを通して互いに連絡しあっています。親しくなった研究者は自宅に私を呼んでくれ、そして庭にキムチをつけた陶器の瓶を沢山地面に埋め込み各家庭独特の味がキムチには込められているということを教えてくれました。キムチの詰まった瓶を一つ日本に持って帰れと勧められ断るのに困ったこともありました。韓国においてお客をもてなす時の礼儀作法で興味深いことがあります。客を食事に招待した時、お客さんに全部食べていただき残り物が無い状態を作るとは非常に失礼なことになると言われます。接待する方は必ず食べきれないように残り物が発生するよう用意することが大切なことを教えられました。またある時古い家に招待されました。その家に行くと屋根から雨漏りするのだという場所を見せてくれました。現在、豊かな日本人にとって雨漏りする家を見かけることはほとんど難しいのではないのでしょうか。外国人である私にそのようなところまで見せてくれたことは非常に興味あることであると同時にそれ程私を信頼してくれ家の中身まで覗かせてくれたのかもしれない。

プサン大学の大学院生と PAL の技術者が二人 SPring-8 の我々 RF グループを頼って来所し約 1 ヶ月滞在しました。目的は加速空洞の電磁場分布の測定の仕事方を学ぶことでした。SPring-8 の RF グループのメンバーの一員として就職し加速空洞の電磁場分布測定等いろいろ研究し加速器部門で最初の博士号を取得した恵郷さんが実際加速空洞を用いて電磁場分布測定を実行して見せ、その方法を彼らに教えてあげました。帰国した後も彼らはメールで質問をしてくるし、こちらからは彼らに必要と思われる情報を送ってあげたりして現在も交流は続いています。

2004 年韓国政府は PAL で提案されていた X 線 FEL 計画を承認したというニュースが届きました。計画を実行するに当たり線型加速器を安定にするため

の技術的問題を議論する目的で PAL から 2 名 SPring-8 を訪問してきました。そして彼らは SPring-8 の線型加速器のグループと多く議論し線型加速器を安定にするため SPring-8 が実行してきた方法を見学し帰国しました。私が SPring-8 の線型加速器担当の若者に博士号を取らせるため世界の線型加速器の現状の論文を収集しそれらを読んで知る限りにおいて、アメリカの MIT の 1 GeV 線型加速器が世界で一番エネルギーが安定していました。しかしその記録も SPring-8 の線型加速器により破られることになりました。従って PAL の線型加速器担当者が SPring-8 を訪問した理由はそこにあるのです。訪問者二人は私が PAL でよく知った人達であり彼らは私の部屋を訪問してくれ私に非常に興味あるトランスペアレンシーの写しを見せてくれました。それは SPring-8 で運転中の加速器の精度を基準として自分たちの加速器がどの水準まで到達しているか国際会議で発表したものでした。彼らによると PAL の加速器部門のリーダーからそのように発表するよう言われ SPring-8 に行った時、私に見せてくるように言われたそうです。彼らは SPring-8 のレベルの安定度に達するため日夜努力していることがそのトランスペアレンシーの写しからよく読み取ることができました。そして私は彼らに本当に心から感謝しました。

7. あとがき

私が SPring-8 の世界に足を踏み入れてからずっと今もって文化の違いに驚嘆することが多々あります。この世界に入る前の高エネルギー物理実験の世界では物理的に考え解析的またはシミュレーションにより予測できる問題は避けるよう設計段階から考慮することは常識です。それができない人は研究者として失格であり当然自然淘汰されますし、されるべきです。しかしこの世界は予想のついている事を実際実行し問題にゆき当たって初めて考えるという世界のようなのです。さらに装置に誤差があることをあまり厳密に問題にしない世界でもあります。誤差論を議論する事など論外のようなのです。実験装置の分解能を超えた要求を加速器側に平気でしてくる放射光の実験ユーザーも多くみうけられます。加速器側も利用者を無視した形で自分たちの世界で遊んでいるかのようです。このような社会の中で私は放射光や加速器の専門家と自称する人達から直接言われる事があります。それは「あなたは素人だから…」という言葉であります。この言葉には二重の意味が込められているように思います。一つは本当に素人だと思っている。二つ目は、あなたは素人だから

プロである私の言うことに従いなさいという意味です。確かに私は加速器や放射光を大学院の学生の時代から継続してきた専門家ではありません。そのような素人の私になぜかどこからともなく質問をもらい、来てくださいと要請されることがあります。ところが出張が許されるとは限りませんので、その全部の要請に応じることができません。なぜなら SPring-8 に所属している私は出張の許可を上司から得なければならないし、出張が許可されないことが多くあるからです。質問に対してはできるだけメールで返事をするようにしています。このような中で韓国を訪問できたのは最初に述べたように PAL の所長だったベーさんのお陰であります。私の出張に対し旅費を全部サポートしてくれました。このお陰で近くて遠かった韓国を初めて訪問でき、さらに PAL で大勢の人達と知り合うことができました。

元外交官だった人が書いた本の中で、国と国との間の国際問題について外交交渉をすすめる外交官の個人の資質が交渉の成立に重要な役割を果たすことを記述しているのを読んだことがあります。一般社会に於ける個人の間の関係も、科学の世界においても同様に個人の資質が非常に重要だと思います。さらに科学の世界では個人の科学に対する好奇心と研究する能力を鍛えておく事が非常に重要な要素となります。科学におけるこの資質は一朝一夕で備わるものでは決してありません。科学を志す一人一人が自分を磨くためこれまで努力をいかにしてきたかの問題であります。従って研究所間で協定を結んだからといって、決してうまく運用できるものではありません。それぞれの研究所に所属する所員一人一人が切磋琢磨した結果を客観的に評価される論文という形で公表すること、この過程を何度か繰り返すことにより業界の人達から本当に科学者または技術者として信頼されるようになってきます。この過程が非常に大切だと思います。この過程を経験した人が研究所を代表して研究所間の交流を推し進めてこそ実り多い結果を蓄積できるのではないのでしょうか。どの世界に生きても共通して言える事は、人間社会で我々は一人で生きてゆけるものではありません。必ず自分がいて他人がいます。そしてお互い尊敬しあい生きてゆくために最も大切なことは自分に対し

ても他人に対しても常に正直であるべきであると思います。特に我々は科学に携わっているのだから客観的に見て正しい行いをすべきです。

私が加速器の世界に足を踏み入れた時から現在にいたるまで J-PARC の山崎さんを始め、KEK の絵面さん、諫川さん、小野さん、そして浦川さん等 KEK の大勢の人達に RF とその周辺機器に関していろいろご教示いただきました。彼らは私に対し RF とその周辺に関し非常に寛大でたとえ負の結果であっても問題点を色々教えてくれました。これら KEK の方々からご指摘のあった問題点を SPring-8 建設に当たり同僚の大橋さんとほとんど改良し前に進むことができました。そのお陰で今日の SPring-8 の RF システムの精密さと安定性が維持されているのだと思います。このことから解る事は KEK の皆さんが我々に対し常に正直に接してくれたため SPring-8 の設計の段階で我々にとって事前に開発すべき目標を設定することができました。その結果として RF 関連機器の安定性が達成され今日の SPring-8 が存在するのであります。上記したように KEK の人達と我々との関係は、国内外を問わず研究交流にとって最も重要なことの答えを含蓄していると思います。

謝辞

SPring-8 に入った当時から加速器の RF に全く疎い私に対し、SPring-8 を設計された原 雅弘さんは私と熱心に加速器本体や蓄積リングのラティスさらに安定な加速器を作るため多くの議論をしてくれました。そして RF システムを正しい方向へと導く先導役となってくれました。また PAL の所長にもなられたベーさんを始め理研サイクロトロン関係者、KEK の RF 関連のスタッフの方々によって理研時代から私は支えられ今日まで来る事ができました。皆さんにはこの誌上にてお礼をいわせていただきます。特にベーさんはアジアに私の関心を向かわせたという点において人生の転換点で重要な役割を果たして下さいました。そして私は SPring-8 の RF グループの良い仲間にも囲まれ大いに議論しながら SPring-8 の RF とタイミングシステムを構築することができました。皆さんに感謝します。