

会議報告

WAO2010 ワークショップ報告

古川 和朗*

Report on WAO2010 (Workshop on Accelerator Operations)

Kazuro FURUKAWA*

加速器のオペレーションに関するワークショップ、WAO2010 (The 7th International Workshop on Accelerator Operations) が、4月12～16日の日程で、韓国の大田 (テジョン, Daejeon) において、KAERI/PEFP (Proton Engineering Frontier Project) と POSTECH/PAL (Pohang Accelerator Laboratory) の主催により開催された。この会議に参加する機会があったので、会議の内容、感想などについて報告したい。

WAOは第1回が1996年にJefferson Lab主催で開催されて以来、ほぼ隔年でTRIUMF, CERN, KEK, Fermilab, Elettraの主催により開催され、今回が第7回となる。これまでの会議については加藤氏他¹⁾と竹内氏他²⁾のわかりやすい報告があるので参照にしたい。また、最近は、WAOに関連した信頼性の話題に特化したARW (Accelerator Reliability Workshop) というワークショップも開催されている。

これらの会議はワークショップと言う名前が表すよ

うに、堅苦しくない情報交換の場を提供しようとしていて、いろいろな場面で他の会議とは異なる特徴があるように感じた。特に加速器の現場で実際の問題にどのように取り組んで解決しているか、ということに重点をおいた発表が多く、興味が持てた。例えば、制御室の日々の運転状況から、電力設備の設計方針など、非常に幅の広い話題が扱われており、運転の現場を担当する人にとっては、参加して得た情報がそのまま現場で役に立つような会議であるように思われる。

今回は、2009年の8月に最初のワークショップの案内がなされ、当初は申し込みが少なく心配された。しかし、開催時期の4月が近づくと、112人というワークショップとしては多くもなく少なくもない理想的な参加者を迎えた。実は、当初の共同議長のうちの一の人の転職などにより開催の延期があって、開催自体も危ぶまれた時期もあったが、内容は思った以上に充実していたのではないかと思う。また、主催者側の参加者に対する細かな対応も行き届いており、滞在中特に困ることが無く、ワークショップに集中することができた。

今回の会議では、

- どのように運転しているか (How We Do Business)
- コミッショニング
- 自動処理とプログラムツール
- トレーニング
- 人間工学的視点と制御室
- 保守
- 安全と規制
- 信頼性

というような話題のもとでセッションが構成されて、52件の口頭発表と18件のポスター発表が行なわれ



図1 KAERIの会場の前の参加者.

* 高エネルギー加速器研究機構
(E-mail: kazuro.furukawa@kek.jp)

た。特に、CERN/LHC, KEK/JAEA/J-PARC, IHEP/BEPC-II, SLAC/LCLSなどが運転を開始してから初めての会議であったため、興味深いものであった。

テジョンは科学技術都市として知られ、トカマク核融合実験炉や実験用原子炉もあるため、ワークショップの目的の加速器ではないものの、それらの施設の運用の発表が複数あったことも楽しみではあった。

参加国は公式には11ヶ国であったが、韓国に留学しているベトナム人も参加していたので、12ヶ国以上であったと思われる。韓国の51人に続き、日本と米国からそれぞれ17人、中国とドイツから6人、カナダとイタリアから4人などであった。米国とカナダからの参加者には中国系の人も多く、本国に多数の加速器将来計画があることも含めて、中国の加速器業界が活発であることを印象づけていた。組織の数としては約40の幅広い研究所・大学からの参加があった。日本からは、SPring-8が単独で4人、放医研とAEC合わせて4人、東北大学が3人、KEKと三菱電機サービスで3人、理研から2人、大阪大学から1人のそれぞれ参加があった。日本からは時差も無く、行きやすかったことが幸いしたが、年度初めであることから予算の工面には苦労があったと思われる。

まず、会議の運営についてであるが、テジョンの街中にあるホテルからKAERIの会議場まで朝夕の10 kmほどのバスの送り迎えがあり、交通には困らなかった。KAERIのすぐ近くには街がないこともあって、参加者はほとんど会場にいることになり、発表者をつかまえて質問をするには大変便利であった。会場でのプレゼンテーションなどは申し分なく(図2)、細かいことではあるが、発表時間のタイマをプロジェクトにスーパーインポーズするなどの工夫があった(これは意外とわかりやすく、国内の会議でも考えてもいいかと思われる)。

プログラムや会議場などの情報については、Web情報の他に冊子が会議の10日ほど前に宅配便で参加者に配布され、会議の全貌をつかむのに役に立った。これなどは会議が小さいからできたことだと思われる。また、会期中の水曜日までにすべての発表のスライドが収集され、水曜日の夕方にはUSBメモリに収められたすべてのスライドファイルが参加者に配布された。この手際の良さには少し驚かされた。

昼食は毎日ホテルから運んでいたらしく、会議場内で用意され、我々は食事をしながら他の研究所の人達と効率良く情報交換をすることができた(図3)。外が少し寒かったこともあり、食べる場所が少し狭かっ



図2 口頭発表会場。



図3 会場内での昼食。議論を継続することができた。

たのは残念であった。

例として1日目を少し詳しく説明すると、POSTECH/PAL及びKAERI/PEFPの所長の挨拶に引き続き、まずHow We Do Businessのセッションで7つの運転現状報告があった。主催研究所の一つのKAERI/PEFPの最初の報告では、2012年に100 MeV, 20 mA, 160 kWの多目的陽子加速器を実現すべく、現在は20 MeVの加速器の運用中で、年間2000時間を3%以下のダウンタイムで運用していることが説明された。開発、製作をしながらの運用において高い可用性(Availability)を実現していることには感心した。この研究所を含めて、平日のみの3交代シフトで運転している研究所が多かったと思う。

三菱電機サービスの田中氏によるKEKBのビーム最適化の報告では、ルミノシティを向上させるために衝突点の調整を多数のビームパラメータをノブとして最適化する様子や、最近の成果であるクラブ空洞を含めた調整などのほか、年度によって4000時間から7000時間近い運転時間などの統計情報の紹介があった。詳しい説明であったので質問も多く、参加者の興

味の高さを感じた。

ミシガン州立大学のサイクロトロン施設 (MSU/NSCL) からは、K500 と K1200 のサイクロトロンをカスケードに使用して、酸素からウランまでの粒子を加速し、最大 170 MeV/u 程度の運用をしているとの報告があった。JLAB/CEBAF, BNL/RHIC と合わせて、米国の 3 大原子核研究施設のひとつということで、力を入れており、運転状況の解析もさまざまな面から行っている。運転員は平日は 3 交代だが、週末は 2 交代として、やりくりをしやすくしている。他のサイクロトロン施設でも同様らしいが、イオン源についての物理の知識が運転員にも求められている。狙う核種によって、得られる粒子の量が 10 桁以上異なるので、収量の少ない核種について調整に苦労するようであった。品質管理の考え方を積極的に取り入れ、ISO9001 の認証を 2008 年に受けている。

東北大学の日出氏の電子光理学研究センターの報告は、42 年の運転成果をもとに加速器を目的別に 2 つに分離し、運転の効率化と柔軟性を達成したという興味深い話で、学外へ利用者を広げる計画の最初の一步となっている。少ない人数での運転のために、利用者がビーム運転をできるような仕組みを構築していることが特筆される。

カナディアン放射光からは、音声合成のアラームが有効であるとの報告があった。また、JLAB の利用者実験室の運用では、装置管理者の解説を直接利用者に聞いてもらうことが重要なので、実験前に利用者の講習会出席を確実にする仕組みを用意している。

午後からはコミッションングのセッションで、まず、北京 IHEP/BEPC-II の設計ルミノシティ達成の話があった。ビームオプティクス誤差の原因を探して取り除いたり、不要なスクリーンモニタのインピーダンスによるビーム不安定を解決したりする努力により、ルミノシティが向上した。今後も性能向上のための多数のメニューを用意しており、楽しみな加速器である。

上海の SSRF 放射光施設はたいへん順調にコミッションングを進めているが、現在は故障率が 5% ほどあり、軌道安定化フィードバックの性能向上とともに課題となっているようであった。

SLAC/LCLS も新しくコミッションングを行った施設の一つで、以前行われていた高エネルギー衝突実験向けの運転に比べると、光源としての加速器の運転はオペレータの注視するものを大きく変更させた。目標とするビームの性質も異なるため、運転員が早い時期から設計方針の解説を受け、コミッションングの方

針を固めたことが良い方向に働いている。また、日中と準夜は加速器設計者と運転員が組になり加速器の性能向上に努め、早朝は運転員がその維持をするようにしている。高エネルギー実験の際には可能な限り長期間運転をしてからまとめて保守を行っていたが、LCLS ではほぼ毎週保守日を設けて、平均の可用性を向上させている。現状では可用性の最初の目標を達成しているが、さらに次々と装置の追加が予定されており、複数の同時実験など挑戦課題は多い。

次は理研の加瀬氏による RI ビームファクトリのコミッションングの報告であった。5 つのサイクロトロンを組み合わせて、予定の重水素からウランまでの加速に成功しており、実験も一部開始して、既に 45 以上の新しい核種が見つかった。しかし、障害により、ヘリウム漏れや油の混入、真空への水漏れなどの困難も経験した。今後も新しいイオン源や直線加速器の追加が予定されており、進展が期待される。

さらに J-PARC の小関氏により、直線加速器、3 GeV シンクロトロン (RCS)、及び 30 GeV シンクロトロン (MR) のコミッションングの初期段階が終わり、利用者実験が始まっていることが紹介された。RCS は 120 kW のビームを連続供給が可能となっており、MR でもニュートリノの実験によって、スーパーカミオカンデでのイベントも捉えられた。さらに MR 100 kW 相当のビーム試験にも成功し、今後が期待されている。ビーム損失は設計値に収まっているが、さらなるビームの安定化が必要で、各機器に安定化の工夫を施すメニューが用意されている。

この他に LHC のコミッションングの報告もあり、2008 年の事故の詳細が説明された。事故の解析のあと、多数の装置が交換され、900 のヘリウム開放弁や、導体接続部のクエンチ保護のための 6500 の検出器と 250 km のケーブルも追加され、14 ヶ月を要した。しかし、その後の再コミッションングは順調で、予想以上の成果を上げている。当面は 3.5 TeV での連続運転を行うことになる。LHC 向けに開発された運転ソフトウェアは、運転グループと制御グループの密な協力により準備され、期待以上の働きをしているので、徐々に CERN 内の他の加速器にも移植されるらしい。

この 1 日目の報告は主要な施設の全体の報告であったため最初に施設自体の説明が入るので、時間的にもったいない場合もあった。前々回の Fermilab での WAO では主要施設の概要を解説する冊子が事前に用意されたそうなので、今後そのような冊子の再導入も望まれる。

その後は様々な話題で発表が行なわれ、初めて聞く興味深いものが多かった。各研究所で運転員の異動は少なくないらしく、新人の受け入れ態勢、教育が大きな話題になっていた。教育の方法や教材の作成にも研究所毎に工夫がされていて、オープンソースのソフトウェアを利用した教材づくりも進んでいる。しかし、研究所によっては規制などのために、その教材の量が半端ではなく、我々にはすぐに参考になるわけではないかもしれない。

自動化と運転ツールに関しては、KEK からの高速ビームモード切り替えとビームエネルギー管理の話題を提供したが、他の研究所からも相互利用が可能と思われるツールが多く紹介された。特に、韓国の各研究所では最近 EPICS toolkit の導入が進んでおり、参考になった。

また、制御室の改装の話題も SLAC と DESY から報告され、以前は天井までおかれていたディスプレイを仰角 30 度以内まで下げたとか、夜間は室温を 2 度ほど上げた方が過ごしやすいつとか、電話の呼出音を目的別に変えるなど、細かい改善点が盛り沢山であった。

水曜日には施設見学があり (図 4)、KAERI の PEPF 陽子加速器と実験用原子炉、NFRI の KSTAR トカマク融合炉を訪れた。PEPF は現在はデジョンで 20 MeV の運転を行っているが、近いうちにキョンジュ (慶州) に移動し 100 MeV の運転を行うことになる。すでに製造された DTL が並んでいた。米国の ORNL/SNS との協力関係があり、さまざまなノウハウを獲得しているようであった。実験用原子炉では、説明が聞こえず途中まで気付かなかったが、30 MW で運転中で驚かされた。原子炉が収められているプールに柵がなく、すぐ近くで覗き込むことが可能であった。KSTAR は、ITER が運転を開始するまでは、日本の JT60 とともに実験データが期待されており、

ITER との連携をさらに進めていく様子であった。

水曜日の夜にはバンケットがあり、その中で会議のポスターをデザインした盾が組織委員会から主催者に贈られた。これは恒例となっているらしい (図 5)。

木曜日の安全と規制のセッションでは、SPring-8 佐治氏から安全インターロックの考え方として、運転モードを細かく分けて複雑に考えることをやめ、エリア毎にそのエリアを守るインターロックを作るという概念に切り替え、次々と追加される運転モードに対応できるようになったとの興味深い報告があった。また、JLAB からは、新型インフルエンザなどのパンデミックプランに対して、レベルによっては、運転員にだけはワクチンを政府から取り寄せ、運転を継続させる検討をしているという報告があった。大雪などの災害時にも適用できると考えているようであるが、たいへん驚かされ、いくつも質問をしてしまった。

木曜日の夕方にはパラレルセッションがあり (図 6)、会場で話題を募り、可用性、火災防止、新人採用、仕事の意欲、についてそれぞれ議論があった。私は可用性のグループに参加したが、主に ORNL/SNS

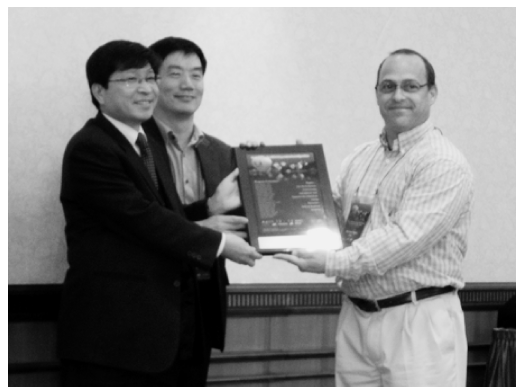


図 5 バンケットでの主催者への盾の贈呈。



図 4 施設見学。これは PEPF の DTL 前での解説。



図 6 パラレルセッション会場。

の可用性向上の経験の話題があり楽しめた。SNS では、2009年から4年間で、80%、85%、88%、90%と可用性を上げていく予定だが、そのためには、最初の障害連絡を加速器設計者が受け的確な判断を行う、12時間毎のビームロス時間を計算し重要な問題点を見逃さないようにする、時間の長い障害原因を作ったグループには予算を増やす、テーマを決めて信頼性を向上させるアクションプランを立てる、など参考になる部分があった。

他のグループの報告によると、火災防止については、アラームなどについて制御グループとの協力が必要で、研究所によっては所内に消防隊を持つ必要がある、という議論があった。新人採用時のノウハウについては、チームワークが得意か、会話が得意か、これまで何を困難に感じたか、どのような批判を受けたことがあるか、などの質問する、運転の場面を想定したゲームをやってみる、などの方法が挙げられた。また、試用期間で諦めて貰う場合には、早く判断しなければならないとの意見があった。仕事の意欲については、食事をいっしょにする、秘密を作らない、成功をほめる、一人ひとり別の仕事を与える、などの意見があった。

いずれも、結論を出すような議論ではなかったし、どちらかと言えば管理者が考える事のように思われるが、我々も他の研究所の経験を知っておけば役に立つこともあるかも知れない。このような多方面の議論がされるところがこのワークショップの特徴かと思われる。

ホテルからの送り迎えや、金曜日のPOSTECH/PALへの見学のバスからは満開の桜を日本国内以上に見たような気がする(図7)。バンクーバーや上海では八重桜を多く見たが、韓国の桜はソメイヨシノによく似ていた。韓国の人に尋ねてみると、数年前までは桜を積極的に植えることは禁止されていたそうで、言われてみると街路樹の桜は確かに若い木ばかりであった。でも、まだ若葉のない山の中にもぼつぼつと桜があるので、自然にもあったものと思われる。主催者から会期中何度か寒くて申し訳ないとの言葉を聞いた

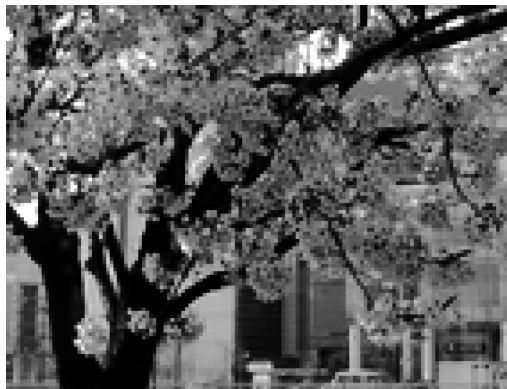


図7 街路樹の桜。ほとんどが若い樹であった。

が、実際45年ぶりの寒さだったそうで、そのために遅れた満開の桜を見ることができたとすれば悪くなかったと思う。

また、アイスランドの火山の噴火の影響でヨーロッパからの参加者は帰国時に4日ほどソウルで足止めされることになってしまったが、最終日にはそのことを予想し始めた参加者の顔が暗くなり、少し残念であった。

今回の発表資料等はすでに会議のWebに載っているので参考にさせていただきたい³⁾。次回のWAOは2012年にSLACとLBNLの主催で開催されることが決まった。また、関連する会議のARWも2011年4月に南アフリカのケープタウンで開催されることが決まっている⁴⁾。今後も、加速器運転に関係する方々に参加していただき、有用な情報を仕入れていただくことを期待したい。

参考文献

- 1) 加藤直彦, 黒川眞一, 高田栄一, “加速器運転国際ワークショップの経験と今後”, 第1回加速器学会プロシーディングス, 2004, 船橋, p. 510.
- 2) 竹内 猛, 高田栄一, “WAO2007ワークショップ報告”, 「加速器」, Vol. 4, No. 4, 2007, p. 335.
- 3) <http://wao10.komac.re.kr/>.
- 4) <http://www.arw2011.tlabs.ac.za/>.