

第 154 回 CERN 制限理事会

2010 年 3 月 18 日 (木) CERN 60-6-002 会議室。

日本からの参加：齋藤 (Geneva 代表部) ・ 神山 (Geneva 代表部) ・ 徳宿 (KEK)

会のアジェンダは <http://indico.cern.ch/conferenceDisplay.py?confId=86142>

Restricted Session の項目 10 (LHC Matters) へのみの出席が認められた。Rolf-Dieter Heuer 所長が口頭で LHC に関連した事項の報告を始めたが、英国代表から「より詳しい報告を」との要求があり、Steve Myers 氏と Sergio Bertolucci 氏がそれぞれ加速器および実験グループの状況の説明を補足した。ここではそれらの全体を項目別にまとめて記述する。

LHC の現状

- 昨年末からのシャットダウンの期間に、新しいクエンチ保護システム (nQPS) の調整を進めた。並行して CMS 検出器の冷却水の配管修繕も行われた。両方とも順調に進んだが、前段加速器 PS の電源の問題と、CMS の測定器移動時にビームパイプにストレスがかかるという問題があった。どちらも幸い大事には至らなかった。
- nQPS および、以前からの QPS の両方のシステムにおいて、電磁ノイズによりクエンチ保護システムが作動してしまうという現象がみられた。2 月 24 日には nQPS が作動してヒーターにより 50 台の磁石が強制的にクエンチされた。3 月 4 日には以前からの QPS により 11 台の磁石の強制クエンチが起こった。これらの要因は理解され、対応策が取られている。
- 加速器のコミッショニングは順調に進んでおり、予期しないダウンタイムは非常に少ない。例えば第 10 週 (3 月 8-14 日) の稼働率は 66% であり特に、この週末は 100% の稼働率を達成した。
- 理事会前に 3.5TeV への加速テストを行う予定であったが、QPS の調整で若干遅れている。しかし、今月末に 3.5TeV ビームでの衝突を行うスケジュールで進めている。(3 月 19 日の朝、3.5TeV への加速に成功した)
- 3.5TeVx3.5TeV での衝突を達成し次第、Media Day を行い、報道機関を招待する。今回は加速器の制御室には案内しない。既に 200 を超える報道機関が予約申請をしている。
- 昨年末の 0.45TeVx0.45TeV の衝突のデータ解析が各実験で進んでいる。ALICE、ATLAS、CMS は最初の物理論文を投稿した。

短期的な運転計画

- 1 月末にシャモニーにて LHC 加速器に関するワークショップを行い、今後の運転計画に関して多くの議論をした。その結果を受けて、以下の運転計画を定めた。2010 年から 2011 年にかけて、3.5TeVx3.5TeV のエネルギーでほぼ連続運転を行い、積算ルミノシティ 1 fb^{-1} を収集する。その後 13 カ月程度運転を停止し、ヘリウムを逃がす安全弁の設置 (DIN200) と、磁石間の電気接続部のすべての改善を行う。この変更により 7TeV ビームの運転が可能になり、2013 年から設計値の 7TeVx7TeV 運転を目指す。それ以降も、一年単位の運転でなく、2 年をまとめた形で運転計画を立てていく。
- これまでの CERN の加速器と違って、LHC は超伝導加速器であり、一度常温に戻して作業をすると、その温度の上げ下げだけで数カ月を要してしまう。長い運転停止期間を少な

い頻度でとるほうが全体の効率が良くなるため、2年単位の運転計画を考える。実験装置も大型で修理のための出し入れには時間がかかるため、これは実験グループにとっても歓迎されている。

- 2010—2011年の運転を3.5TeVx3.5TeVにする理由を述べる。2008年の事故の原因となった、磁石間の超伝導線の接続部の不良に関しては、新しいnQPSの導入により接続部をほぼ常時モニターできるようになった。問題の接続は200ナノオームの抵抗があったと推定されているが、現在のすべての接続部は数ナノオーム以下に保たれている。したがって、超伝導線の接続に関して言えばビームエネルギー7TeVの運転が可能な状態になっている。
- しかし、超伝導線の周りの銅の安定化材の接続部には不良があり、高い抵抗値を示すものが残っている。これは、通常の運転時は問題ないが、不良な接続の近辺で超伝導線がクエンチを起こした場合に、熱暴走を起こす危険がある。どのぐらいの抵抗まで安全かは、様々なモデルで予想が変わっているが、現状は3.5TeVx3.5TeVの運転は安全だが、5TeVx5TeVの運転ではリスクが残るという結論になった。また、7TeVx7TeVの運転の前には全部の接続を見直す必要があるという結論になった。
- 以上の状況のもとに、最初に述べた運転計画となった。3.5TeVx3.5TeVでの 1fb^{-1} の運転では、加速器の運転経験も得られ、外の問題等がないかどうかの検証もできる。また、実験側も多くの研究テーマで、テバトロンを凌駕する結果が期待でき、LHCが最高エネルギーの発見マシンとなる。加速器の理解が進めば、場合によったら4TeVx4TeVなどエネルギーをあげることも検討する。
- 重イオン衝突も、2010年後半と2011年後半の2回行う計画である。
- 2010年—2011年の運転では、加速器の様子を注意深く見ながら、ルミノシティーを徐々に上げていく。LHCのビームパワーはこれまでにない大規模であり（設計地だと362MJ）、もし一部のビームがビームパイプに当たれば穴があき、長期の修理期間が必要となる。ビームの振舞いをモニターして、異常があった場合にビームダンプにビームをきちんと導いてダンプするシステムが100%確実に働くことを検証しながら、ビーム電流を増やしていく。2011年のランでは、毎月 100fb^{-1} のペースで安定して積算ルミノシティーを得ることを目指す。

長期計画

- 長期目標としてはほぼ20年をLHCの運転期間と考えて、最終的に 3000fb^{-1} の積算ルミノシティーを得ることを目指す。このためには2020年ごろからは年間 $200\text{--}300\text{fb}^{-1}$ をとれるようにLHCをアップグレードする必要がある。
- これまでSLHCとして、瞬間ルミノシティー $10^{35}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ を目標にしてきたが、この高輝度では、実験が難しい上に、ビームの寿命が短くなってしまっていることがわかってきた。積分のルミノシティーを多くするにはむしろ $5 \times 10^{34}\text{cm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ぐらいで長い寿命で走ったほうが得策であるという議論も出てきている。この際に、衝突運転中に瞬間ルミノシティーを一定に保つような工夫も検討されている。そのひとつは、KEKのBファクトリーで使われたクラブ空洞をLHCに応用することである。
- これらのアップグレードの検討には、日本や米国などとの研究協力も重要である。米国からは、運転が終了した後のテバトロンを使って、ビームのコリメータの研究などを進める提案も出ている。

- いずれにしてもこれらのアップグレードは 2020 年以降になると考えるのが現実的である。LHC 自体だけでなく、そこへビームを入射するための前段加速器の改善も必要となる。最初段の LINAC4 の建設は進んでいる。そこから新しいライナック (SPL)、PS2 などの建設の可能性をこれまで議論してきた。
- しかし、それらの建設が 2020 年以降であることを考えると、現在の入射器をそれまで使用することになり、それには大規模な改修を考えなければいけない。その検討のうえで、現在の PS ブースターのエネルギーを 1.4GeV から 2GeV にあげることにより、SPL や PS2 なしでも、LHC アップグレードが実現できる可能性が出てきた。
- このため、SPL、PS2 の場合と、現在の入射器の改修の場合の両方の計画をまとめたうえで、長期計画を立てていく。
- また、LHC のルミノシティーをあげるには、その最終入射器である SPS の改造の必要もあることが分かってきた。この改造案も策定する。
- これまで、SLHC の計画では Phase 1 と Phase2 にわけ、Phase1 では LINAC4 の建設と、最終収束磁石の交換を行うことになっていた。中期計画にも見えるように、小さな改造を何度もするよりは、運転停止の回数を減らしたほうが、積算ルミノシティーを稼げる可能性が高い。最終収束磁石の交換をしばらく行わずに、2020 年以降に一気に改造する可能性もタスクフォースを作って検討をしている。(注：この場合、日本と米国が共同で寄与した現在の収束磁石が長い期間活用されることになる。)
- 以上のように、長期の LHC アップグレード計画は現在様々なオプションが検討されている段階である。一方実験側では、高輝度化の前に内部の飛跡検出器の総入れ替えをする必要があることは変わらず、このための R&D を継続して進める必要がある。

所長の口頭報告の後、SPC および FC (Financial Committee) の委員長が、各委員会での議論の結果を報告した。いずれも、上記に述べた方針を強く支持した。

この後各国代表から以下のような質疑応答があった。

(英国代表) アップグレードだけでなく、LHC の安定化運転のための改善に支出が重要であるということを、きちんと説明してくれたことに感謝。かつ SPC もその意義を強調したことは重要である。

(オーストリア代表) ブラックホール生成に伴う LHC の安全性に疑問を持つ意見が理事会などへの質問状という形できたり、メディア等でさわがれている。どういう対策をとるのか。

(DG) 基本的には反応しないのが一番と考える。所長が直接返事をすることはない。最近ドイツの裁判所が、訴えに対して却下した判決文が出た。これは参考になるので、英訳したものと原文とを理事会メンバーに配布する。

この問題に対しては、反応をしないことを支持する意見 (ギリシア)、何らかの統一メッセージを出すべきだ (イタリア、英国) などの意見がで、後で検討することになった。

(イタリア代表) 2010–2011 年の運転で、ビームエネルギーを 3.5TeV より上げる可能性に言及したが、物理の成果を出すためには、一つのエネルギーで長く走ったほうがよい。

これに対して、ポーランド代表が、実験グループとの協議に任せるべきであるという意見を述べた。DG は運転計画は実験・加速器グループと十分協議をして決めているとコメントした。

(イギリス代表) 最初のマイルストーンとして積算ルミノシティ 200pb^{-1} はいつごろ達成できるか？

(Myers) 2011 年初頭である。

文責 徳宿