

会議報告

KILC2012 会議報告

横谷 馨・大森 恒彦・久保 浄

Report from KILC2012 Meeting

Kaoru YOKOYA, Tsunehiko OMORI and Kiyoshi KUBO

1. はじめに

リニアコライダーに関するワークショップ KILC12 が 2012 年 4 月 23 日から 27 日にかけて韓国の大邱市の Hotel Inter-burgo EXCO において開催された。

リニアコライダーに関して物理・加速器合同のワークショップが毎年 2 回開かれている。そのうち 1 回は ILC と CLIC (ILC とは異なる加速方式によるリニアコライダー計画) の合同の会議であり、いまひとつは ILC に特化したもので、アジア・アメリカ・ヨーロッパ各地区で約 3 年おきに開かれており、今回はこの後者である。これは物理側の ACFA (Asian Committee for Future Accelerators) 検出器・物理グループと、加速器側の ILC (International Linear Collider) GDE (Global Design Effort, 国際設計チーム) との合同のワークショップである。このシリーズのアジアのワークショップは、前回は 2009 年につくばで開かれている (TILC09)。今回の登録参加者は 270 名であった。

今年のリニアコライダーにとって 2 つの点で節目となる年である。ひとつはヒッグス粒子が LHC で発見され

る期待が高まっていること、もうひとつは国際リニアコライダー (ILC) の加速器に関する技術設計書 (Technical Design Report, TDR)、および物理・検出器に関する詳細基本設計書 (Detailed Baseline Design, DBD) が今年末に完成する予定である事である。今回のワークショップはこのような背景のもとに物理、加速器、測定器の関係者が一同に会した国際研究集会である。

ヒッグス粒子の発見に関しては、現在までに CERN の 2 つ実験グループより 125 GeV 付近に兆候が見られることが報告されている。まだ統計的に十分有意とは言えない兆候であるが、これが本当だった場合おそらく今年の終わり頃にはヒッグス粒子が発見される事になるだろう。このことはリニアコライダー計画に重要な意味を持つ。ヒッグス粒子の発見によってリニアコライダー建設の意義が十分にある事が確認出来るのか、そしてヒッグス粒子の質量が 125 GeV 付近であった場合、建設されるリニアコライダーのエネルギーはいくらに設定されるべきか、この 2 つの点で世界の素粒子物理学者と加速器研究者のコンセンサスの形成が必要である。

そして、まさにヒッグス粒子が発見されるかもしれな



図 1 参加者の集合写真、韓国大邱市の Hotel Inter-burgo EXCO にて

い年に ILC の技術設計書が完成する。これは単なる偶然ではない。ここまでぴったりと年が一致したのはもちろん偶然であるが、多くの研究者が LHC の次の高エネルギー加速器はリニアコライダーでと考えて準備を進めて来た結果である。

今回の会議の背景をなすもうひとつの事案は CERN が中心になって進めているリニアコライダー CLIC と ILC との関係のありかたである。CLIC は 2 ビーム方式による常伝導加速器であり高い加速勾配により重心系エネルギー 3 TeV までを視野に入れて開発が進められている。これに対して ILC は超伝導加速器で 1 TeV までを視野に入れて開発が進められている。このように並べると一見到達可能エネルギーの高い CLIC のほうが良いように思えるが、実は両者の間には開発の成熟度において大きな差がある。既に述べたように ILC の技術設計書は本年末に完成予定であるが、CLIC の技術設計書の完成予定ははるかに先である。また実際の開発状況を見ても ILC ではクライストロン、加速管ともに開発済みで現在は加速管の生産歩留りを上げコスト低下をめざした量産研究が進められており、CLIC では 2 ビーム加速の原理実証実験が継続中であるなど大きな隔りがある。また CLIC が CERN の将来計画として始まったのに比べ、ILC 計画はその開発のスタート時から本格的な国際共同体制を構築して進められている。このような試みは始めてであり、これが成功すれば今後の大型加速器計画全体に大きな影響を与える。

前述した LHC の今年末までの実験結果、それにもとづくリニアコライダーの物理的意義の再確認、建設開始時期、および開始時のエネルギーに対するコンセンサス等は、当然 CLIC と ILC との関係のありかたの議論や、ILC の開始時期の議論にも大きな影響を与える。

そして ILC の TDR が完成し、レビューを受けた後には（具体的には 2013 年の適当な時期には）現在の国際共同設計チーム GDE、物理測定器研究組織 RD、国際リニアコライダー運営委員会 ILCSC は一旦解散する事になる。その後を受けて実際にリニアコライダーの建設が始まるまで、リニアコライダーの建設準備をすすめる国際的な組織のあり方の議論も重要な課題である。

以下ワークショップの概要を報告する。筆者達の参加した分野および本会誌の性格上、検出器・物理についてはほぼ全体セッションに限り、並行セッションの報告は省く。

2. 全体セッションの概略

ワークショップは大邸の Hotel Inter-burgo-EXCO で開かれた。詳細なプログラムおよび発表資料は <http://ilcagenda.linearcollider.org/conferenceTimeTable.py?confId=5414> に掲載されている。

初日の合同会議と 2 日目のパネルディカッションは「はじめに」で述べたようなりニアコライダーをとりまく状況を踏まえて、今回の KILC 12 を象徴するような議論になった。

まず初日の朝は大邸市の副市長の挨拶から始まった。副市長の挨拶はなかなかユーモアがあり「私はシリコンバレーにいたことがあるのだが、この会議の人たちがまったくネクタイを着けていないのを見て当時の事を思い出しました」といって笑いを取り、会議は順調にスタートした。

セッションのトップバッターは ICFA（将来加速器国際委員会）議長の オドーネ（Pier Oddone）氏であった。ICFA はリニアコライダーのみを取り扱っているわけではなく、氏の話の内容は多岐に及んだが、そのなかで特にリニアコライダーについて重要な事は ICFA ガイドライン 5 の改訂である。ガイドライン 5 とは「研究所は実験参加者に対して電気代や場所代を求めない」というもので、各国の研究者が他国の加速器を使った実験に自由に参加出来る事を担保しているものである。改訂はこれに「しかし特に大きなグローバルな計画の場合はパートナー間の事前合意のもとに運転コストを分担する場合がある。この場合もパートナーに含まれない他の研究者の自由な参加を保証する」という但し書きを付けるものである。この改訂は ICFA の前議長である KEK の鈴木機構長が熱心に進めて来たもので、ILC が近未来に実現すればこの但し書きの適応を受ける最初のプロジェクトになると考えられる。オドーネ氏はまた 2013 年以降のリニアコライダー計画を進める新しい国際組織に関しても簡単に言及した。

次に講演を行なった ILCSC（国際リニアコライダー運営委員会）議長の バガー（Jonathan Bagger）氏は LHC で見つかった 125 GeV 付近のヒッグス粒子らしき兆候について論じた。まず兆候が本物の発見になるかどうかはまだ統計が必要であることを示した上で、それでも世界中の研究者コミュニティが沸き返っているとして、今の時期の重要性を強調した。そしてそのうえで LHC の結果がリニアコライダーのエネルギー、루미ノシティ、物理的価値に意味を持つ事を強調した。特にリニアコライダーがその精密測定によって素粒子物理学にどんな新しい事を付け加える事が出来るのかを示す事が重要であると述べた。2013 年以降に現在の国際枠組みを拡大し CLIC を取り入れた形での強固な組織を作り、リニアコライダーの建設開始までのあいだの活動の枠組み国際組織 Linear Collider Organization

の構想について解説した。

次に北京の高エネルギー物理研究所(IHEP)のジェ・ガオ(Jie Gao)氏がアジアの状況について報告した。中国はこれまで加速空洞の開発, リングの設計, KEK(高エネルギー加速器研究機構)の試験加速器 ATF への参加などの ILC 関連の活動をしてきた。しかし, ILC というプロジェクトへの参加のかたちをとっていなかった。中国政府は今年 1 月に, 海外の巨大プロジェクトへの参加指針というような文書を公表し, 積極的な姿勢を見せ始めている。ILC についてもなんらかのインパクトがあるであろう。

ひきつづく東京大学の山下氏の講演は「Japanese Efforts towards ILC」と題されたもので日本国内の状況報告であった。日本では当初からの産学に加え国政に携わる方々や有識者などが連携して, ILC の検討を行っている。このような活動状況は海外の研究者の耳に断片的に入ることはあっても, 彼/彼女らが全体の様子を聞く機会はありません。今回, 多くの研究者が初めてそれを耳にし, 感銘をうけたようである。

RD(物理測定器研究組織)のディレクター山田作衛氏は測定器の開発と設計の状況を説明し, 測定器のコンセプトグループ(実験グループ形成前の前段階の組織)で用意している DBD の進行状況を詳しく報告し, 実験準備が十分である事を示した。

GDE のバリッシュ(Barry Barish)氏は, ILC の進行状況について説明した。ILC は過去数年にわたり設計改善およびコスト削減の作業がおこなわれ, TDR に記述すべき加速器の基本的設計は確定した。開発研究に関しては, 加速空洞の勾配・生産歩留まりが改善され, かつ加速設備のシステム試験, 減衰リングでのビーム不安定性の研究など, 順調に進展している。残された課題として, システム試験の詰め, 生産の工業化, 将来のためのより高い加速勾配の空洞開発などを挙げた。最後に, 日本の二つの候補地についても言及した。

初日の午後は引き続き合同セッションが行なわれ LHC の実験結果の話と DBD の物理の章の話が行なわれた。従来のリニアコライダの国際会議ではこのような講演は加速器と物理・測定器の 2 つのグループに分かれた後に, 物理・測定器のグループでの講演として行なわれるのが通例であった。今回 KILC12 において, この 2 つの講演が合同会議のセッションの中で行なわれたのは, やはり今年を節目の年であると考えてコミュニティ内のコンセンサス形成を重視した主催者の姿勢であろうと思う。LHC の実験結果は 2 つの実験グループ ATLAS と CMS の結果を, Korea University

のテ・ジョン・キム(Tae Jeong Kim)氏がまとめて示した。キム氏は昨年未までに重心系エネルギー 7 TeV で収集されたデータ, 約 5/fb を解析した結果を示した。結果は既に良く知られているように ヒッグス粒子は殆どの質量領域で棄却され, 125 GeV 付近のごく狭い領域だけが棄却されずに残っている。これが兆候などと呼ばれているものであるが, キム氏の発表は極めて抑制の利いたもので兆候などの表現は一切使わず淡々と観測事実だけを示し, 現在行なわれている重心系エネルギー 8 TeV でのデータ収集の結果への期待を示して結んだ。DBD の物理の章の話は, この章の執筆グループのリーダーである SLAC の ペスキン(Mike Peskin)氏によって行なわれた。ペスキン氏は今 LHC で見つかった兆候が本物であると仮定して話を進めると断った上で, ヒッグス粒子は必ず電子・陽電子コライダで研究されねばならない理由を説明し, リニアコライダの建設には長い時間がかかる事を考えると, いますぐ建設の準備を始めるべきだと強調した。

初日の夕方になって物理・測定器のグループと加速器の国際共同設計チームである GDE に分かれてセッションを行なった。今ヨーロッパではヨーロッパの素粒子物理研究の今後の大方針を決める "European Strategy for Particle Physics" の議論が行なわれており, 物理・測定器のセッションではこれに対するヨーロッパのリニアコライダコミュニティからのインプットを準備している様子が ルディベルダ(Francois Le Diberder, CNRS/IN2P3)氏から報告された。ヨーロッパでは多くの大学や研究機関が ILC 計画に参加していると共に, 中心となる CERN が CLIC 計画を進めている。したがってルディベルダ氏のグループでは重心系エネルギー 250 GeV から 3 TeV の範囲の e^+e^- 衝突のもつ物理の可能性について検討する予定である。しかし当日のディベルダ氏の講演では LHC の最近の実験結果を受けて重心系エネルギー 250 GeV 付近の重要性が強調された。

2 日目の最後に行なわれたパネル討論会は印象深いものであった。初日の最後に物理・測定器と加速器に分かれて進行していた会議が, このパネル討論会では再び全員が一堂に会した。テーマは, 「ILC の物理とその意義」, 要は「LHC でヒッグス粒子(だけ)が見つかった場合でも, ILC の建設に進むことは素粒子物理の大きな流れとして十分意義があるか?」である。ほとんどの出席者の答えは yes であった。ヒッグス粒子は単に標準理論が予想する未発見の粒子ではない,

ヒッグス粒子の性質は謎に包まれている。そしてその謎を詳細に調べることが、素粒子物理学の次の展開の鍵になると考えている。その鍵を見つけるためには、ILC が是非とも必要である。さらに電子・陽電子コライダーの環境でないと見えない新粒子や新現象も大いに期待されている。これらのことは以前から言われていたのだが、LHC 実験でヒッグス粒子に近い将来発見される可能性が高まってきたこともあり、以前にもまして真剣な議論が進んでいる。曰く、「LHC でどこまで調べることができて、ILC はさらにどこまで突き詰めることができるのか?」。この議論は今回のみならず今後、いろいろな場で続けられると考えられる。

最終日の午前中は GDE と物理・測定器に分かれてセッションが行なわれ、午後は合同セッションが行なわれた。物理・測定器のセッションでは兼村晋哉氏(富山大)が物理の議論のサマリーを行なった。兼村氏は物理の平行セッションでは 22 の発表があり、そのうちの 14 がヒッグス粒子またはヒッグス粒子関連の発表であったとしヒッグス粒子の物理に対する関心の高まりを示した。まずヒッグス粒子を詳しく研究する事が次のターゲットであり、ヒッグス粒子は新しい物理を探るプローブである、そのためにはリニアコライダーが必要であると締めくくった。GDE のセッションでは TDR の完成へ向けた準備状況がまとめられた。

午後の合同セッションは、慶北大学のドンチュル・ソン(Donchul Son)氏による韓国高エネルギー学会の現況報告、ILC Communicator の高橋理佳(KEK)・ミン・チャン(Min Zhang, IHEP) 両氏によるアウトリーチ、宮本彰也氏(KEK)による ACFA サマリー、山本明氏(KEK)による GDE サマリー、韓国のウォン・ナムクン(Won Namkung)氏による閉会の辞など、すべてアジアからの講演であった。

韓国の最近の高エネルギー物理の活動としては、KIMS (Korea Invisible Matter Search, ダークマター探索), Y2L (Yangyang Underground Lab) における AMORE (double beta decay) など活発なものがある。加速器科学の発展もめざましく、とくに新たに建設される科学都市セジョン(世宗)市近郊につくられようとしている重イオン大型加速器計画 RISP (Rare Isotope Project) が印象的であった。これは基礎物理全般にわたる新設の研究所 IBS (Institute for Basic Science) の中心となる施設である。

宮本氏は測定器の開発、設計と詳細ベースライン報告書(DBD)の準備が順調に進んでいる事、ILC にはヒッグス粒子、トップ、ゲージ粒子の異常結合、超対

称粒子、未発見のゲージ粒子など新しい物理に繋がる豊かな研究の対象がある事を示してまとめとした。

山本氏は、GDE の 3 名のプロジェクトマネージャーを代表してサマリーを行った。空洞の生産歩留まりが 80% に到達したこと、FNAL, DESY, KEK でシステムテストが順調に進行している、大量生産に関して企業からの情報も取り入れてコスト評価が行われていることなどを述べ、また TDR の執筆状況・今後の予定などを説明した。

3. 並行セッション

超伝導加速方式によるリニアコライダーの設計作業は 2005 年に開始され、2007 年には RDR (Reference Design Report, 基準設計報告書) を公表した¹⁾。それ以来、詳細な設計に進み、今年 2012 年の年末までに TDR を完成させる予定であることは前に述べた。RDR の設計を改良しコスト低減を図るため、4 回にわたる部門ごとの小規模な会合を昨年 7 月から今年 3 月までに開き、基本的なパラメータを決定してきた。今回のワークショップでは、それに基づく TDR の初稿を集めて今後の執筆の予定をたて、かつ RDR より改善されたコスト評価の集成・検討を行った。以下、部門ごとに概要をまとめる。TDR としては重心系エネルギーを 500 GeV とし、第一段階はビームのバンチの数を RDR の半分(約 1300)として当初のコストを減らし、第二段階で倍増してルミノシティを改善することになった。

陽電子ビーム源

ILC ではヘリカル・アンジュレーターに高エネルギー電子ビームを通し、そのときに発生するガンマ線から陽電子を作る方式をベースラインとしている。ただしそのために専用の電子リニアックを用意するのではなく、主線形加速器のビームを利用する。RDR ではアンジュレーターは電子主線形加速器の途中、150 GeV 地点に設置されていた。TDR ではこれをコスト削減、複雑な部分を中央部に集中させるなどの理由で、主線形加速器の終端に移す事となった。この場合ビームエネルギーが 150 GeV 以下の場合には陽電子生成量が設計値よりも急速に少なくなる。それを補うために 150 GeV 以下のビームエネルギーでは、電子線形加速器を通常の 5 Hz 運転から 10 Hz 運転に変更し、そのうち半分のパルス陽電子生成に使い、のこり半分を物理実験に使う事とした。

KILC12 での議論ではコスト見積もり、陽電子生成ターゲットの遠隔ハンドリング、陽電子捕獲用のフラックスコンセントレータの開発、陽電子ターゲットの回

転試験が重要な話題であった。

ターゲットは大きな熱負荷と衝撃波のため寿命が短い。しかも放射化しているために、故障後すぐに人が近づく事が出来ない。破損時の交換のために遠隔ハンドリングが必要である。KILC12ではこの部分の新たな基本設計が中国のグループから提案された。これまでよりも大幅に簡素で小型の装置で遠隔ハンドリングが可能になった。

フラックスコンセントレータは1ミリ秒の長いパルス長が要求される。アメリカのLBNLを中心とするグループが入念な回路設計とストレスシミュレーションを行い、これが実現可能である事を示した。試作機の製作が進められており、今年の秋には試験結果が出る予定である。

ILCではターゲットの熱負荷軽減のために最外周部の接線速度100 m/秒で回転する車輪状ターゲットを用いる。1ミリ秒の電子ビームは100 mmの長さにならって分散される。このターゲットのすぐ下流には高電界の加速管が陽電子収集のためにおかれるため、ターゲット部は超高真空に保つ必要がある。このため磁性流体真空シール軸受けによる回転導入が計画されている。この可能性を見極めるための試作機による試験が、やはりLBNLで進行中である。秋までには結論が出ると思われる。

減衰リング

減衰リングの設計はコスト削減のため、RDRから大きく変更され、周長を半減して約3 kmとなった。これによってリング内のバンチ間隔も半分となり、不安定性が発生し易くなる。ウェーク場による不安定性、電子リングでのイオンによる不安定性(Fast Ion Instability)は問題ないと見積もられている。陽電子リングでの電子雲(Electron Cloud)による不安定性については、米国コーネル大学のリングCESRを使った国際チームによる実験、およびシミュレーションによる研究が精力的に行われた。この結果、第一段階では問題ないが、第二段階でバンチ数を増加した場合については、まだはっきりとした結論が得られていない。このため、仮にこの不安定性が問題となった場合には、第二段階で陽電子リングをもう一つ追加することになっている。この場合、リングが3段階重ね(陽電子リング2個、電子リング1個)になる。第一段階ではリング2個でスタートするが、3個目のためのスペースは確保しておく。

電子雲による不安定性への対策は、(Super) KEKBとの共通の課題であり(周長がほぼ同じ、大電流、低エミッタンスである)、KEKBグループからの大きな寄

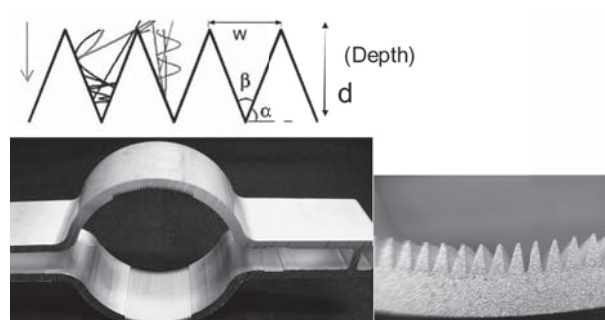


図2 SuperKEKBの偏向磁石内ビームパイプ。右は表面の拡大。溝をつくり、表面からたたき出された電子がビーム付近に行くのを抑制する。(KEK末次祐介氏提供)

与がある。今回の会議では、主に真空チャンバーの設計とコストの評価にKEKBグループからの参加があった。電子雲を低減する方法として、偏向磁石部ではビーム方向に溝のある真空チャンバーを使用(図2)、ウィグラー磁石部では電子除去のための電極を設置、その他の部分では真空チャンバー内面をTiNでコーティングすることが確認された。

リングのラティス設計はほぼ完成してきており、エラーがある場合のダイナミックアパーチャー、低エミッタンスの調整等がシミュレーションで確認されている。

RTML (Ring To Main Linac)

これは、施設中央部にある減衰リングから出た電子・陽電子ビームを、それぞれの主線形加速器の上流端まで運び、かつバンチの長さを1/20に圧縮する装置である。これは軌道が非常に長く、複雑な部分であるが、ほぼ出来上がったラティス設計が報告された。RDR発表以後、減衰リングの大きな設計変更、陽電子生成セクションの場所変更などに対応して、中央部分の設計が大きく変わっている。RTMLの最下流(主線形加速器の直前)にはバンチ圧縮器があるが、RDR以後、ビームラインの長さを減らしてコストを抑えるため、2段階方式から1段階方式に変更する案が検討されていた。しかし、バンチ長を必要に応じて変更できる事等、パラメータに柔軟性を持たせるべきであるとの判断から、元通りの2段階方式とすることが決まっている。

BDS (Beam Delivery System)

これは、主線形加速器からのビームを収束して衝突させる部分である。今回は加速器独自のセッションは開けられなかったが、MDI(Machine Detector Interface)のセッションの中で加速器に関連した報告と議論が行われた。

衝突点でビームパルス内のバンチ毎の軌道をフィードバックすることは、必要なルミノシティを確保する

ために不可欠と考えられている。英国のグループがこのシステムを設計し、KEKのATFでその実証実験を行っており、結果と今後の方針が報告された。

その他、京都大学のグループから永久磁石を用いた強度可変の最終収束四極磁石の設計と試験結果などが報告された。又、パルス内のパワー4.5 GW（パルス当りのエネルギー4.5 MJ）、平均パワー18 MWのビームを吸収できるビームダンプの設計とシミュレーション結果が報告された。

主線形加速器

これは建設費用の点でも大きさの点でもリニアコライダーのもっとも中心的な部分である。

核心部である加速空洞については、単体としての縦測定加速勾配をRDRと同様35 MV/mとし、ただしプラスマイナス20%の幅を認めることになった（したがって最低28 MV/m）。技術開発の結果、実績は徐々に上がっており、生産歩留まりは、現在約80%に達している、目標の90%に近づいている。平均運転加速勾配もRDRと同様31.5 MV/mとしこれもプラスマイナス20%の幅を認める。空洞のチューナーとしては、現存3種類のうちからイタリアで設計されたブレードチューナーを採用することになった。

クライオモジュールのシステム試験は、ドイツDESYのFLASH、米国FNALのNML、KEKのSTFで順調に進んでおり、最も先行しているFLASHでは設計勾配・設計電流で十分に安定した運転が行われている。NMLでは第1モジュールの試験を終え、第2モジュールに進もうとしている。STFでは以前に報告したS1-Global²⁾の次の段階として量子ビーム装置の入射空洞部の運転が行われている。

高周波源としては、RDRで採用した10MWクライストロンに統一することになった。KEKで検討していた小型のクライストロンは、後述するkamaboko型トンネルでは有利でないため採用しない。モジュレータとしてはRDRで採用していたバウンサー型モジュレータをやめ、新たに開発された、小型低コストのマルクス型を採用する。

コスト評価は、部品のコスト、各部の試験の手順、生産施設も含めて、詳細に行われている。ヨーロッパで建設中のXFELのコストは重要な情報を与えている。

主線形加速器部分のビームダイナミクスに関しては、アラインメントや振動等の許容誤差が確認された。又、現在の主線形加速器の設計（特に四極磁石間の加速空洞の数）がビームダイナミクスの見地からも最適であることが報告された。

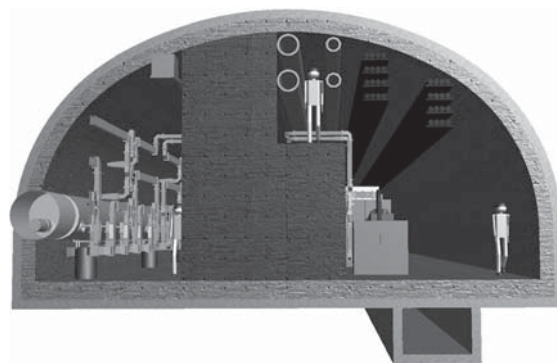


図3 kamaboko型トンネル断面図。左がクライオモジュール、右がマイクロ波源。導波管はコンクリート隔壁を貫通している。内壁の高さは5.5 m。下部の突出しは排水溝。トンネル掘削はNATM方式による。

土木建設

これはコストの点で主線形加速器に次ぐ重要な部分である。RDRは2本の並行するトンネルにそれぞれ、マイクロ波源および加速モジュールを置くことになっていたが、コスト削減のためにトンネルを1本にすることになった。これに伴い、マイクロ波源を地上に置く方式（KCS, Klystron Cluster）と、幅の広いトンネルの中央にコンクリート隔壁を置き、マイクロ波源と加速モジュールを左右に分離する方式（DKS, Distributed Klystron System）の二つをTDRに併記することになった。日本のような、山岳地帯には後者が適しており、トンネルの断面形状からコミュニティではkamaboko型と呼ばれている（図3）。それぞれの、詳細なコスト評価が進んでいる。

4. 今後に向けて

前述のように、本年末までにTDRおよびDBDを完成する。その後評価委員会が開かれ、これらが発表された段階で、これまでの設計チームGDEは使命を終える。ILCに関する技術研究は、クライオモジュールのシステム試験と工業化、ビーム収束の試験、より高いエネルギーを目指した高加速勾配の開発などが残されており、今後も継続する。一方、ILCの建設に関しては、LHCの結果に基づいて遅くとも2013年中には国際的合意で次のステップに踏み出せると大いに期待する。リニアコライダーを進めるための新しい組織については今年の会議の報告²⁾を参照されたい。

参考文献

- 1) RDRは以下のURLからダウンロードできる。
<http://www.linearcollider.org/about/Publications/Reference-Design-Report>
- 2) 横谷馨「LCWS2011 会議報告」加速器 Vol.8, No.4, 2011.