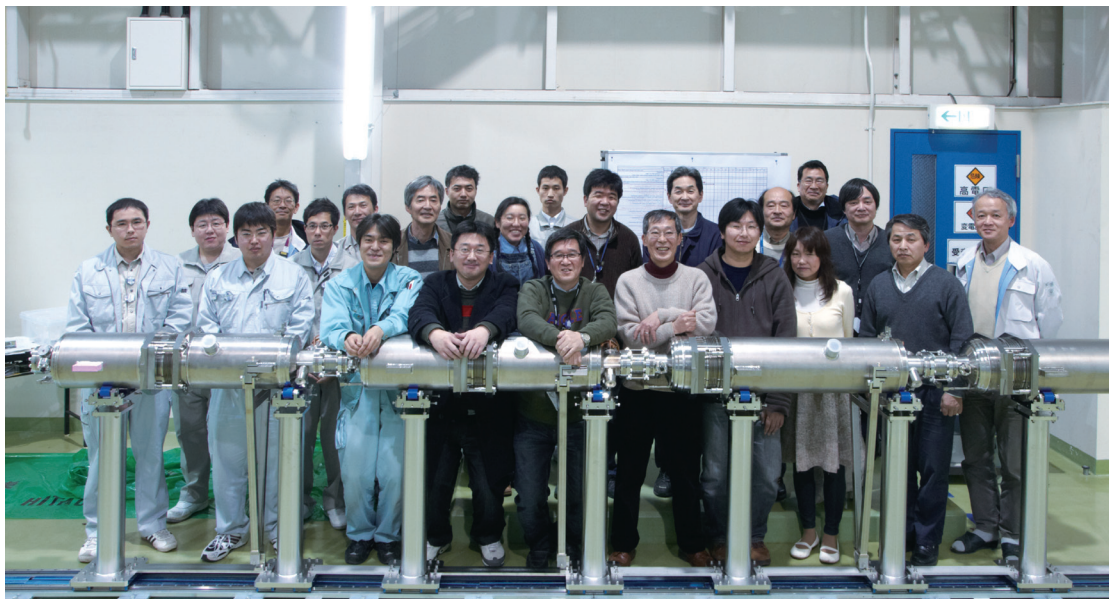


ILC 実現に弾み

～日本製の超伝導空洞 ILC の要求仕様を達成～



KEK STF での超伝導加速器開発グループのメンバー

昨年 11 月 25 日、国際リニアコライダー (ILC) 実現にむけた最重要課題のひとつである「高性能な空洞の量産」に向けて弾みがつく、うれしい記録が達成された。

高エネルギー加速器研究機構 (KEK) の超伝導 RF 試験施設 (STF) で行われた、ILC 用の超伝導加速空洞の縦型クライオスタットでの性能試験 (縦測定) で、ILC で要求されている要求仕様を満たす記録が国内で初めて達成されたのである。記録を達成した加速空洞は「MHI-013」。日本の企業が製造した 9 セル加速空洞の 13 号機だ。「この空洞は、ILC で要求されている仕様である加速電界 31.5MV/m、Q 値 $>1 \times 10^{10}$ および加速電界 35MV/m、Q 値 $>0.8 \times 10^{10}$ を国内で初めてクリアしたことが確認されました。最大の加速電界は 36.2MV/m を記録しました」と語るのは、KEK の若手加速器研究者である渡邊謙氏である。

渡邊氏の言う数字は門外漢にはまるで暗号のようだが、この「加速電界と Q 値」は高性能の加速空洞開発におけるカギとなる重要な 2 つのパラメータなのだ。

加速電界とは、一定の長さで得ることができる加速エネルギーのこと。「MV/m」は、「1 メートル当たり 1 メガ (100 万) 電子ボルトの加速エネルギー」を表す。この数字は加速器全体の長さ大きく関係する。例えば、加速電界 10MV/m の空洞 A と 5MV/m の空洞 B があるとすると、A が 1 メートル加速すると、加速されたビームは 10 メガ電子ボ

ルトのエネルギーを持つことになる。A の半分の加速電界である B は、決して 10 メガ電子ボルトのエネルギーに達することが出来ないわけではなく、2 メートル加速すれば A と同じエネルギーになる、というわけだ。加速器の長さが短くなることは、コストの低減も意味するため、とても重要な要因となる。

実際に、約 10 年前に最高性能を誇ったのが欧州合同原子核研究機関 (CERN) の電子・陽電子衝突型加速器「LEP (Large Electron

Positron Collider)」。現在稼働中の大型ハドロンコライダーの前身で、周長 27 キロメートルの大型円形加速器だった。LEP の空洞の加速電界は 6MV/m であった。ILC の加速空洞のスペックは、その 5 倍以上の 31.5MV/m だ。

一方の Q 値。耳慣れないこの言葉は、英語では「Quality factor」で、Q はその頭文字。一定の加速電界を実現するためにどれだけの電力を使ったか、を表す指標である。いわば空洞の燃費のようなものといえよう。「表面欠陥や電界放出^{*1} 電子などが無い空洞内が非常に清浄な状態であると 31.5MV/m の加速電界を発生させるのに、計算上約 100W の電力が必要となります。この場合の Q 値が大体 1×10^{10} です」(渡邊氏)。この Q 値が大きいくほど、高性能の加速空洞だということになる。「例えば、空洞内部の洗浄が不十分で化学的残留物があったり、埃などの汚染物質の混入があった場合、同じ加速電界を発生させるためにより多くの電力が必要となります。その場合、加速空洞に要求される仕様を満たすことは出来ません」(渡邊氏)。いくら電界が上がっても、投入しなければならない電力量が大きい場合は、ILC 空洞を名乗ることができないというわけだ。

空洞の内部は電解研磨等、一連の表面処理が施され、鏡のようにピカピカに磨き上げられる。加速空洞の性能試験は、これらの表面処理方法が効果的か確認する意味もある。「実用化にあたっては、1 回の試験で性能を出す必要があります。今回の試験には、表面処理方法の再現性を



評価するという含まれているので、1回目の試験で性能が出て
も出なくとも、2回の試験を行います」。

MHI-013 と同時期に試験を行った加速空洞「MHI-012」は、1回
目の縦測定で、加速電界 38MV/m という好記録を出した。しかし、
Q 値が ILC の要求にはわずかに届かなかった。12 月上旬、MHI-012
の 2 回目の表面処理・縦測定が実施され、日本製 9 セル空洞で初めて
40MV/m の加速電界を超える性能を達成。Q 値も ILC の仕様をクリ
アした。「最終状態では 40.7MV/m まで加速電界が立つことを確認し
ました。さらに投入電力を増やせば加速電界は上がるはずでしたが、こ
の空洞は縦測定終了後に高輝度光子ビームプロジェクト^{*2}のためビ
ームラインへの組み込みが予定されており、仕様を十分に満たしたため、
40.7MV/m の時点で測定を終了しています」(渡邊氏)。

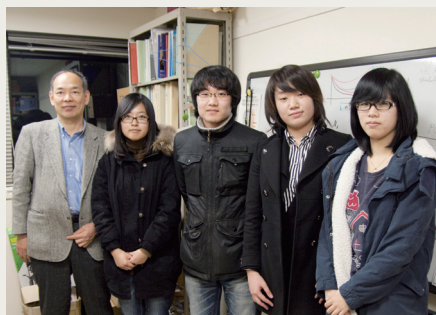
ILC で使われる超伝導空洞は 16000 台以上。そのため、世界各国で
性能を満たす空洞を製造する実力を持つ必要がある。KEK のトリスタ
ン加速器は、超伝導空洞を使った大型加速器の基礎を作った実績を持つ。
その技術が、欧州の LEP 加速器や XFEL 加速器、米ジェファーソン
研究所の SNS 加速器(核破砕中性子源)などの大型加速器に適用され
て、世界的に技術力が向上してきたのだ。欧米では、これらの加速器の
研究開発の成果もあり、すでに ILC の仕様を満たす加速空洞が製造さ
れている。この点では日本は欧米に一步遅れを取っていたのだが、空洞
を製造する企業と連携を強化することで、今回の純国産での性能達成に
こぎつけた。3 月末には、KEK に加速空洞の量産化研究開発を行う施
設が完成する。これまでに培われた世界の経験を基盤にしつつ、日本は、
独自の強みを活かして超伝導空洞の大量安定製造における国際的なリー
ダーシップを目指し、品質管理や生産性の向上、コスト評価を含めた量
産技術の確立に向けた活動を開始する。

※ 1: 強い電界により、電子が真空中に放出されること。

※ 2: 「小型高輝度光子ビーム発生装置開発プロジェクト」とは、ILC 用の超伝導空
洞の技術を X 線発生装置に活用し、従来よりも輝度が高い装置を開発するプロ
ジェクト。施設の大幅な小型化を測ることができるため、今までの大型の加速
器施設でのみ行うことのできた研究を、各研究所や企業、病院などで行うこ
とが可能になる。

最近の話題

韓国の学生来訪



KEK を訪れた韓国の学生ら。左端は、KEK の宮本彰也氏。

このプログラムは学生たちが研究主題や訪問国、日程などの計画を立案
して大学に申請。審査に合格した研究課題に対して、渡航費用等の必要
経費が支援される。

1 月 24 日、韓国慶
北大学の学生 4 名が
KEK を訪れ、ILC の
研究者である宮本彰
也氏と対談した。学生
らは、慶北大学の実施
する「グローバルチャ
レンジャー」という学
生派遣プログラムで
日本を訪問したもの。

今回 KEK を訪れたのは、物理学専攻 2 年生の金敗材さん、金讃美
さん、金智恵さんと、新素材工学科 3 年生の朴徑美さんの 4 人のグル
ープ。「進展するべき基礎科学、終わりに向かっているのか」を研究主題に、
日本における基礎科学の発展に関して研究を進める KEK の他に、筑波
大学、東京大学、数物連携宇宙研究機構を訪問した。

金敗材さんは「日本は韓国と文化的にとっても似ていると思います。
日本からはノーベル賞受賞者が数多く出ているのに、なぜ韓国からは出
ないのかを不思議に思い、日本を訪問国に選びました」と、流暢な日本
語で訪問理由を語った。今回訪問した学生全員が加速器というものを初
めて目にした。「とにかく『すごい』のひと言です。このような精密な
装置をつかって研究が進められていることを知ってとても驚きました」
と全員が口を揃える。慶北大学は、ILC の測定器開発にも参加しており、
学生らはちょうど KEK で作業中であった慶北大学の研究者から話を聞
くこともできた。

学生らは 5 日間日本に滞在し、帰国後に研究報告をまとめる予定だ。

お知らせ

講演会 宇宙の謎に挑む 日本の貢献

「はやぶさ」から「国際リニアコライダー」まで

主催：先端加速器科学技術推進協議会、東北加速器基礎科学研究会

後援：宇宙航空研究開発機構、KEK、岩手県、岩手県商工会議所連
合会、奥州市、奥州商工会議所

日時：2011 年 2 月 27 日(日) 12:30 ~ 15:30 (開場：12:00)

場所：奥州市文化会館 Z ホール 大ホール
岩手県奥州市水沢区佐倉河字石橋 41

アクセス：

- ・東北新幹線水沢江刺駅より～車で 10 分
- ・東北本線水沢駅より～車で 10 分
- ・東北自動車道水沢 I.C. より～車で 10 分
- ・水沢区コミュニティバス(Z バス) 羽田・黒石線～
(胆江営業所 0197-35-2185)

<http://www.oshu-bunka.or.jp/zhall/access/access.html#02>

参加費：無料 / 定員 900 名(事前参加申込が必要です)

プログラム

講演

- 『世界初 小惑星探査機「はやぶさ」60 億 km 宇宙往還の旅』
宇宙航空研究開発機構 教授 川口淳一郎
- 『巨大加速器で探る宇宙の起源～ ILC 計画～』
東北大学大学院理学研究科 教授 山本均

①氏名・フリガナ、②所属 [学校名]、③肩書き [学年]、④住所 (市町村名)
を記載のうえ、FAX、電子メールのいずれかの方法で下記までお申し込み
ください。

〈お申込・お問合せ〉

東北加速器基礎科学研究会(社団法人 東北経済連合会内)
〒980-0021 仙台市青葉区中央 2-9-10 (セントレ東北 11 階)
TEL:022-799-2103
FAX:022-262-7062
E-mail :t-arihara@tokeiren.or.jp

今月の滞在者

KEK には、毎月世界各地から学
生や研究者が訪れ、共同研究を
行っています。ILC の技術開発
のために訪れた滞在者はこちら

ビジター・カウンター

6

国/地域から

16

名