



トンネル掘削と地質調査



鉄道のトンネル工事で使われた TBM

世界の素粒子物理学者が実現を目指して研究を進めている国際リニアコライダー (ILC) は、長さ31キロメートルに及び地下トンネルの中につくられる超精密加速器です。その規模の大きさから、ILC建設には、克服すべき様々な技術的課題がありますが、なかでも特筆すべきもののひとつは、なんとといっても加速器を収める、「直線」地下トンネルの建設といえるでしょう。

ILCを実現させるために必要となるのが、高度なトンネル掘削技術。火山と断層が多い日本の山や、高度な技術を要する海底トンネルを掘ってきた経験で培われた日本のトンネル掘削技術は、世界的に高く評価されています。なるべくまっすぐな線路を敷くために多くのトンネルを必要とした東海道新幹線や、世界最長の海底トンネルである青函トンネル、そして東京湾アクアラインなど、これまで多くの大規模トンネル工事が行われてきました。また、英仏をつなぐユーロトンネルの工事での、日本のトンネル掘削マシンの活躍をご存じの方も多いでしょう。

トンネル工事に使われる掘削マシンは、おもに2種類に分類されます。都市部等に多く見られる軟弱で崩れやすい土質に適している「シールドマシン」、そして日本の山岳地帯によく見られる岩盤など硬くて均質な地盤に適したTBM (トンネル・ボーリング・マシン) です。多くのトンネル工事では、両方のマシンが併用されていますが、TBMの特徴は、高速で経済的な掘削ができることです。しかし、TBMを使った工事では、時にやっかいなことが起こります。TBMは半径方向に伸びるジャッキを地山に突っ張り、マシンを前に進めます。地盤がしっかりしたところでは、その威力を発揮し、高速で安全な掘削を行うことができます。しかし、急に地質が変わり、粘土質などの柔らかい地盤にジャッキを押し込んでしまうと、TBMは身動きが取れなくなってしまいます。セメントミルク等を地盤に注入するな

どして脱出を図るのですが、努力の甲斐なく、地中に眠ることになったTBMマシンもあるとのこと。このような状況は、マシンを無駄にってしまうことはもちろんですが、工期にも、安全性にも大きな影響があります。そこで不可欠なのが、地質調査です。

ILCのトンネル建設において、一番重要なのが地盤です。ILCでは、衝突するそれぞれのビームの寸法は、高さ5.7ナノメートル^{*}、巾640ナノメートル、長さが300ミクロン^{*}という非常に小さいものです。こんなに小さいビーム同士を衝突させるためには、気の遠くなるほど高度なビーム制御が必要になります。そのようなビーム制御を可能にするためにも、トンネルの建設場所は、安定した地盤であることが最も重要です。そこで、ILCの建設用地としては、地盤が岩質で崩れにくい場所であることが条件となります。高い剛性を持つ岩盤の地下空間であれば、実験ホールのような構造物を自立させることも可能であり、工期の短縮や建設コストの削減にもつながるからです。また、地盤がしっかりしているのと同時に、十分に長い直線部が確保できる、ということも重要です。通常のトンネル工事であれば、万が一、掘っているうちに不測の事態が生じて、迂回するという方法があります。しかし、リニアコライダーの場合は、ビームを迂回させるわけにはいきません。ILCのトンネルはいったん掘り始めたら、まっすぐ掘り進むしかないので。

ILCの研究者チームの調査では、日本国内でもILC建設用地として適していると考えられている地域が多数存在しています。日本でのILC建設の可能性を検討するためにも、より詳しい地質調査がとて重要になるのです。

※1ナノメートル=100万分の1ミリメートル、1ミクロン=1000分の1ミリメートル

スイカ甘いか—地質調査の方法

地質調査の目的は二つ。第一に、直接見ることのできない地下の岩盤を構成する地質構造を明らかにすること、第二に、トンネルとして掘削しなければならない岩盤の工学的性質や地下水の性状を見極め、それに見合った工事の計画を立てること、です。

調査方法には、現地に足を踏み入れてその地質構成や構造を把握する「地質踏査」、岩盤を伝播する地震波 (弾性波) の速度が、岩盤の性質によって異なることを利用した「弾性波検査」、そしてボーリングコアを採取することにより、実際の地下の岩石を直接手にとって見る、「ボーリング調査」があります。

例えてみれば、八百屋でスイカを買う時に、スイカの表面の色艶、傷の有無を見て (地質踏査)、コンコンとたたいて、その音から詰まり具合を判断し (弾性波調査)、時には割って中身を見て、スイカの熟れ具合を確かめる (ボーリング調査) といったところでは。

しかし、実際に一番甘くて身の詰まったスイカを確かめるには、割って食べてみるのが一番。工事の安全性や工期、建設コスト等を確認するためにも、ボーリング調査は不可欠です。



最近の話題

■国際リニアコライダー運営委員会委員長、交代



(写真左から) 前ILCSC委員長・黒川眞一氏、新ILCSC委員長エンゾ・イアロッチ氏、ILCリサーチディレクター・山田作衛氏

10月22-27日、米国フェルミ国立加速器研究所でアメリカリニアコライダー物理学グループと国際共同設計チーム (GDE) の合同会議が開催されました。今回の会議では2005年から国際リニアコライダー

運営委員会 (ILCSC) 委員長を務めた、高エネルギー加速器研究機構の黒川眞一氏が後任のエンゾ・イアロッチ氏と正式に交代しました。「ILCの工学設計フェーズが本格化し、ILCSCが加速器、測定器を監督する機能の必要性が高まっています。測定器の専門家であるイアロッチ氏が委員長になったのは実によいタイミングだと思います」、と黒川氏は述べています。イアロッチ氏の前職は、世界最大規模の素粒子物理学の研究所である、欧州原子研究機構 (CERN) 理事会の委員長。黒川氏はその手腕に、今後ますます重要になってくるILCの国際管理を推進してくれると、期待を寄せています。

また、10月1日付でリサーチディレクター(物理研究責任者)に着任した山田作衛氏が、ILC関連の会議で初めて、研究者グループに向けて挨拶し、歓迎をもって受け入れられました。

■第一回 ILC アジア研究開発セミナー、中国で開催

11月5-7日に、中国科学院高能物理研究所 (IHEP) で、ILC加速器ワークショップと第一回ILCアジア研究開発セミナーが開かれました。中国、韓国、インド、日本などアジア各国をはじめ、8ヶ国から120人の研究者が集まりました。

このセミナーは、アジア及び他地域の加速器関連研究開発の進捗を検討し、ILCに関する地域間の協力と活発な関与の推進、そして、ILC共同研究グループに対する、一般の関心喚起を目的に開かれたものです。



会議中の風景

中国国内からは研究者の他、汲培文氏 (国家自然科学基金委員会数理学部主任)、刘鸣华氏 (中国科学院基礎局副局長)、乔润龙氏 (中国科学院基礎局処長)、傅小峰氏 (中華人民共和國科技部基礎司処長) らが出席しました。中国国内のILCへの関心の高さがうかがえます。今後の進展を期待しましょう。

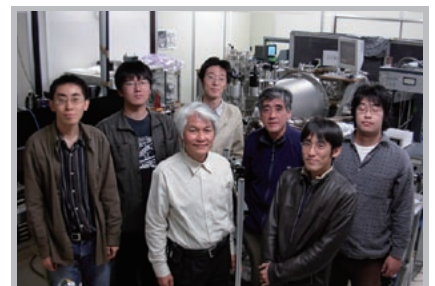
大学の研究室より

名古屋大学

■一人の学生に一つの装置

名古屋大学の高エネルギースピ物理学研究室では、「一人の学生に一つの装置」を割り当て、それぞれが責任を持って実験を進めています。これは、中西彊教授が掲げる「独自に考えた手法によるデバイスや装置を設計・製作し、その手法の有効性、優秀性を実証してみせる」という、研究室のモットーに基づいています。「失敗やトラブルに遭遇した時も自分が中心となって解決しなければならず、辛いです」と、学生は述べます。しかし、装置の設計にも一から関わるため、装置への理解が深まるだけではなく、愛着まで湧いてくるといいます。「装置の設計も立ち上げも自分で行うため、基礎を完全に理解しないと先に進むことができません。また、数々のトラブルを共に乗り越えて来た装置は、もう他人とは思えません」(博士課程3年山本尚人氏)

仕事を進めていくうえで必要なことを自分で学び、スキルを身につける。自ら学んで能力を高めると、結果的に研究も楽しくなり仕事もはか



名古屋大学高エネルギースピ物理学研究室のメンバー

どる、ということを感じ取りと悟ってもらう。これこそが「大学院生時代の最大の財産」であると、中西教授は考えています。

研究室では、ILCの電子源でもある、偏極電子ビーム源の研究に取り組んでいます。世界的にみても偏極電子ビームを加速器に使う研究を行っている所は、数えるほどしかありません。「暗黒物質の有力候補とされている超対称性粒子の探索に非常に有効であり、その研究に参加できることがエキサイティングだと感じています。長年研究室が第一目標として掲げていたリニアコライダーでの実用化を果たす使命と責任を感じています」(山本将博助教授)

カレンダー

イベント名	期間	場所
ILC 測定器研究会	12/4-6	KEK (つくば)
国際研究会: ILCとレーザー電子相互作用	12/12-14	広島大学 (広島)
ダンピングリングワークショップ	12/18-20	KEK (つくば)
第5回 ATF2プロジェクト会議	12/19-21	KEK (つくば)
ILC GDE 全体会議	'08 3/3-6	仙台 (宮城)
ACFA リニアコライダーワークショップ	'08 3/3-7	仙台 (宮城)

KEKの国際貢献

KEKには、毎月世界各地から学生や研究者が訪れ、ILCの為の共同研究を行っています。

