

大強度陽子加速器研究施設見学印象記

(株)畑村創造工学研究所

畑村洋太郎

見学・講演日：2005年12月8日（木）

記録：2006年2月28日

場所：大強度陽子加速器研究施設（J-PARC）

同行者：8名

A. 見学の概要

本見学は、2年ほど前にスーパーカミオカンデで起った爆縮について「技術の創造研究会」で講演していただいた高エネルギー加速器研究機構長 戸塚洋二先生（当時、故人）から失敗学の講演を依頼されて、承諾の回答をしたところ、陽子加速器の見学のお誘いをいただき実現したものである（写真1,2）.



写真1 物質生命科学研究施設の建設現場にて（2005/12/8）

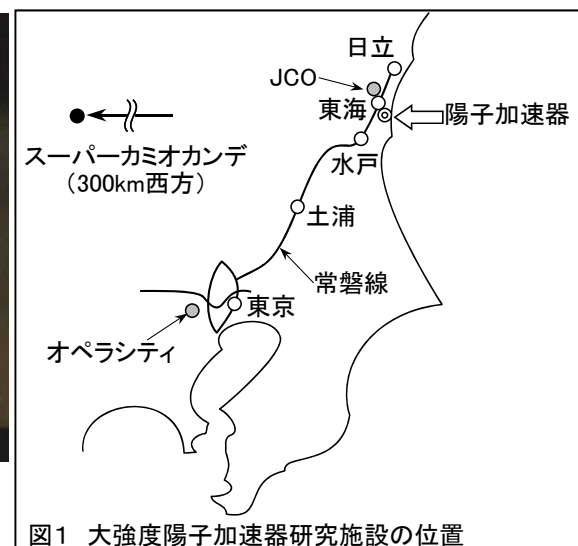
写真2 畑村講演「失敗学のすすめ」
(2005/12/8高エネルギー加速器研究機構にて)

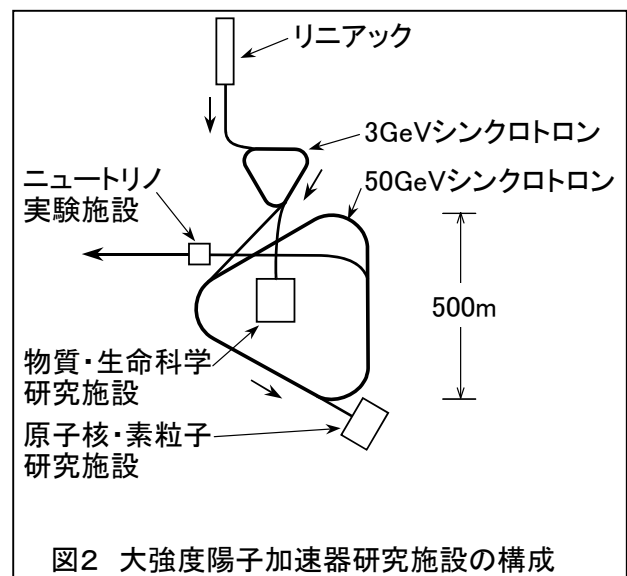
図1 大強度陽子加速器研究施設の位置

2005年12月8日（木）10：30 上野発の電車に乗り、13：00 に研究施設に着いて概略説明を聞いた後、13：50～14：50に見学した。見学後に「失敗学のすすめ」の講演を行い、聴講者150人ほどが大変熱心に聴講してくれた。戸塚先生は急用のためお会いできなかった。

大強度陽子加速器研究施設は、常磐線の東海駅から、海側に車で 10 分ほどの場所にある (図 1)。1999 年に臨界事故を起した JCO は同じ東海駅の線路の反対側にある。上野から東海までは、常磐線の特急で 1 時間半の距離である。なお、後述する岐阜県飛騨市神岡町にある“スーパーカミオカンデ”は、東海村の真西約 300km 西方にある。神岡の方がずっと南に位置するという印象があるが、実際には東海村とほぼ同緯度である。

見学した大強度陽子加速器研究施設の構成を図 2 に示す。“リニアック”という直線状の施設で陽子を加速し、それをさらに 3 ギガエレクトロンボルト (GeV, ジェブ) のシンクロトロン (おむすび形の配置) で加速し、さらに 50GeV のシンクロトロン (これもおむすび形の配置) に入れて加速するという 2 段階になっている。

この施設の研究目的は 2 つである。1 つは物質生命科学に用いるもので、これは低いほうの 3 GeV で加速したものを使う。また原子核や素粒子の研究施設では、1 辺が約 500m の 50 GeV で光の速さにまで加速した陽子を利用する。



この研究施設の総予算は約 1500 億円で、建設は平成 13 年に始まり、平成 18 年度にリニアックのビーム試験を開始し、19 年度に小さいほうのシンクロトロンのビーム試験を開始し、全施設の供用開始は平成 20 年ということである。

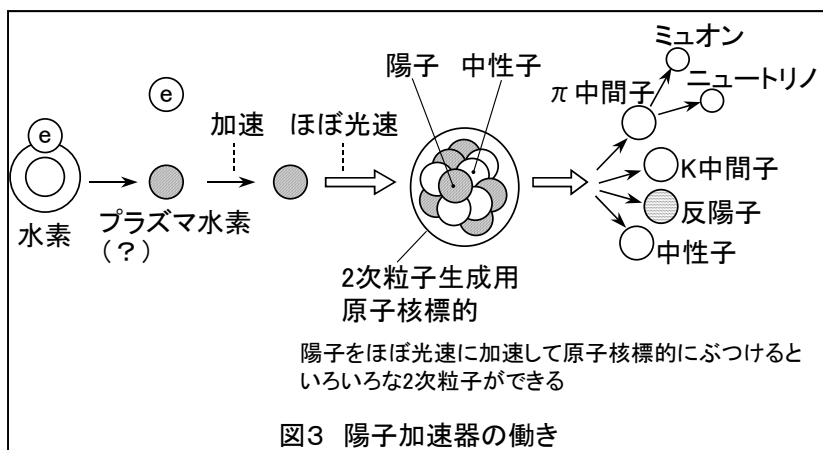
大強度加速器研究施設は Japan Proton Accelerator Research Complex で J-PARC と略される。旧科学技術省の系統である日本原子力研究開発機構と旧文部省の系統の高エネルギー加速器研究機構 (これはつくばにも施設を持っている) の共同事業である。もともと 1 つのものだと思っていたら、2 つの研究機構で構成されていると聞いて不思議な気がしたが、この東海村には研究施設をいろいろ集める方針なので、このような研究施設ができたのではないだろうか。

B. この見学で知ったこと・思ったこと・考えたこと

加速器の利用目的等何もわからずに見学に行ったため、見学時にはよく理解できないことも多く、ただただ“大きなものがあるな”という印象を持った。見学後 1~2 ヶ月の間ときどき思い返してみても、ようやく何をやるものかがわかってきた。長いこと機械屋をやっている物理の根本を考えていなかったため、当たり前のことがわからなかったのだ。

(1) そもそも加速器とは何か？

“加速器”というのは、何かの粒子のようなものの速度を大きくする機械のことをいうらしい。電子銃で打ち出した電子をほぼ光速に近い速度まで加速すると、その進行方向を磁石などによって変えられた際に放射光という電磁波を発生する。これが、兵庫県播磨にある“スプリングエイト”のしくみである。今回の見学では、電子に比べて遥かに重い陽子を扱う陽子加速器を見せてもらった。加速器の働きを図3に示す。



まず負の電気を帯びた水素イオンを加速し、リニアック (Linear Accelerator の略である) と呼ばれる線形加速器に入れる。次に水素イオンから外側の電子を剥ぎ取って陽子とした後、さらにシンクロトロンで所定の速度まで加速する。

リニアックでは、電場をサイクリックに脈動させる。はじめは水素イオンの速度が小さいので、このピッチが数十 mm とであるが、次第に加速されるにつれてピッチが数十 cm, 数 m と大きくなっていく。このようにずっと直線状に加速していくのはとても無理なので、周回する回路を作る。それがシンクロトロンである。これを上から見ると、ここのものはおむすび形になっている。なお、スプリングエイトのものは円形だったが、ここでは円形ではなくて、直線状になっている。これは、それぞれの加速部分の機器の作りやすさによるものではないかと思う。三角の回路に入ってきた陽子に応じて、その周りの磁場の強さを変えながら、これを加速する。物質科学や生命科学に利用するためにはあまり高い速度を必要としないので、3 GeV のシンクロトロンで加速するだけであるが、素粒子や原子核を調べるために利用するのは、ほぼ光速に近い速度が必要なため、3 GeV で加速した後、さらに 50 GeV シンクロトロンで加速して使う。

加速された陽子を 2 次粒子生成用の原子核にぶつけると、その原子核が壊れて、いろいろな 2 次粒子が生成される。例えば、 π 中間子が出て、さらにそれがミュオンとニュートリノに分かれ、それ以外にも k 中間子とか反陽子とか中性子などが出てくるのだそうである。しかし、そもそも、ここでは生成された 2 次粒子を利用して何かを調べようとしているらしいが、それで何がわかるのだろうか。

(2) J-PARCは何をするの？

J-PARCは、たとえば原子核物理に利用される。たとえば、生成された2次粒子の中のニュートリノは、わざわざ300km先のスーパーカミオカンデまで飛ばして、何個届くのかというようなことを測るのだそうである。これによって宇宙の起源がわかるのだそうだ。物質生命科学にも利用されて、物質の構造や運動がわかるようになるそうである。たとえば、水の原子は軽いので、中性子をぶつけることにより、中の水の動きがわかり、生命現象がわかるということのようである。

(3) こんな大がかりなことをなぜやるの？

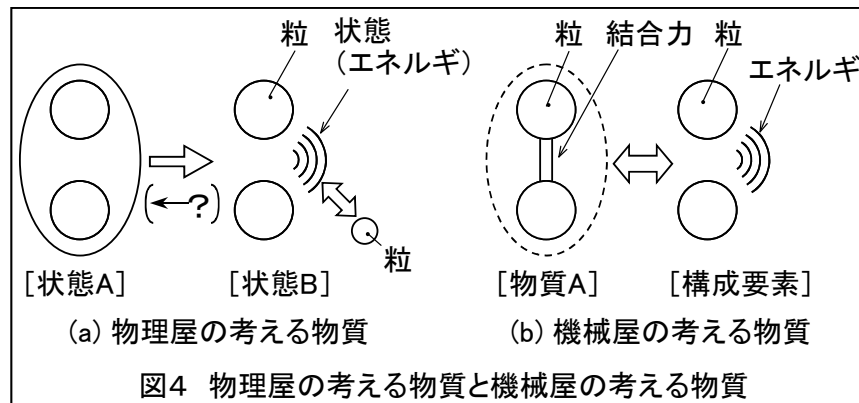
1500億円もかけてこのように大規模なものを作って“物好きだな”と思う。また、何故どのように多くのお金が必要なのか、という疑問が起こる。これは人の好奇心を満たすものである。私達が普通に学校や企業などで見聞きするようなものに比べて、桁はずれに巨大な科学技術が実現されている。たとえば、“スプリングエイト”は800億円，“すばる望遠鏡（ハワイにある反射望遠鏡）”は600億円程度、地球の地殻内部のマグマまで掘削できる“ちきゅう号”は600億円程度、打ち上げに失敗したH2A6号機は1200億円、世界で一番深くまで潜ることのできる深海探査艇“かいこう”は150億～200億円、それぞれ巨額な開発・建設費が必要であったと記憶している。多くのものは、科学技術庁の事業であるが、文部省が行っているものもある。これらの巨大プロジェクトは国が資金を投入しない限り絶対にできない規模のものである。

そんなにお金をかけて何になるのという意見もあるが、国がお金をかけてやること自体は、一向におかしなことではない。人が知識を増していくために、お金をかけることは当然である。しかし、一般的には何に役立つのかという効果がまず求められる。もちろんそれもわからなくはないが、好奇心を満たすことを目的としたものがあるとしてもいいのではないだろうか。直ぐに役立つことはやっても仕方がないというのは短絡的にすぎると思われる。人間は好奇心に応じて活動する中で多くの知見を得て、それを使って進歩していくのだから、お金がかかっても、こういうものは必要なのではないだろうか。しかし、そういいながらも、直ぐに“何に役立つのか”と聞きたくなくなってしまっている自分がある。このような巨大プロジェクトを行うに当たっては、いつもこの2つの意見のぶつかり合いがある。実際にプロジェクトを行っている人は夢中だろうが、舵取りはなかなか大変なことだ。

(4) 物理屋の考える物質と機械屋が考える物質の違い(図4)

物理屋は、“物質”とは状態Aのようになっていて、まず全体としての状態があり、それを構成する粒子、要素がある、と考えているように思われる。それに対して、何かの刺激を与えると、その中の粒子が表れてくると同時に、何かのエネルギーの状態のようなものが外に飛び出す。物理屋は、このエネルギーと粒子の間にも互換性があると考えているようである。一方、機械屋の考える物質とは、何かの粒と粒が結合力で結ばれているという、その構造自体を裸で見えており、全体として見ることはあまりないように思う。これに何かの刺激を

与えると粒子が飛び出すと共に、エネルギーが“熱”や“音”として外に出てくると考えている。このような“物質”の捉え方の違いが、いろいろな装置やものごとを考える上での差となっているように思う。私がこの加速器を見て全然わからなかったのは、物理屋の考える物質というものについての考えがなかったからのような気がする。



(5) 装置を作り出す技術力・産業力・経済力・(国民力), 利用と悪用

装置を見ていて、装置を作り出す“技術力”, “産業力”, “経済力”, “国民力”というような力を感じた。これを作るには、経済力だけでなく、技術力やそれを実現する産業力がなければならない。これらの力を総合したものを“国民力”だと考えると、その方向にお金や労力をつぎ込んでいく国民力というようなものが必要であるという気がする。また、このような大型施設は多くの効果も生む反面、これが悪用される危険も考えておかなければならないと感じる。一旦作ってしまった施設が重荷になるばかりということもあり得るが、悪意を持ってこれを利用する人がいたり、これを爆破するというようなネガティブな思想があり得ることについても考えておかなければならないと考える。

(6) 物理屋の顔

施設を案内してくれた人たちや働いている人たちの目が輝いていた。好奇心そのものである。工場や会社の見学で会う人たちとは目つきが違う。戸塚先生にスーパーカミオカンデについて講演していただいたときに、「何故そんなものをやる必要があるのか、そんなものをやったって仕方がないんじゃないか」と意地悪な質問がでたが、戸塚先生が「愚問」と答えられ、みんなで大笑いをした。“なぜ好奇心を持つの?”という質問には答えようがない。物理屋は知識を求めているのだ。物理屋さん全員が、工学屋に向かって“愚問”と言っているようだ。とてもおもしろい。

それでは工学屋はどんなことを考えているか。好奇心そのものがその原動力になっていることは少なく、まず効果を考える。そしてコストを考える。必要機能を実現する方策を探す。工学屋は直接的に人間の関わっている生活や社会に何かの利便を与えようとする。

工学屋はこのような巨大施設が何になるかとすぐに聞きたくなる。物理屋はこれを使わなければ、わからないことがあるのだという。いつまでも平行線だ。それにしても、物理屋の

顔を見ていると、純粹で清々しい。中に入れば問題がいろいろあるのだろうが、なんといても“トッチャン坊や”そのものだと思った。

(7) もっとどんどん見てみたい

今までにも多くのものを見学してきた。“スプリングエイト”の加速器・反射望遠鏡の“すばる”・地球ボーリングの“ちきゅう号”・大型ロケットの“H2A”・深海の探査艇の“かいこう”（行方不明になった）などの巨大プロジェクトもいくつか見学した。それぞれにいろいろな印象を持ったが、これらは総じて“サイエンス”そのものである。

しかし、まだ見学していないものがいくつかある。1つは“スーパーカミオカンデ”だ。見学しても何がわかるというものではないだろうが、なにやらおもしろそうなおいがある。その他にも、スーパーコンピュータを620台ほど集めたという“地球シミュレータ（これは研究室のOBの梅澤君たちNECのグループが作ったもの）”を見てみたい。シミュレーション技術が発達して相当精度の高いシミュレーションが可能になり、これによって東京を襲う巨大地震のシミュレーションや、地球の環境変動などを相当精度よく観察することが可能だと言われているからである。この見学の後、2005年12月25日に羽越線が突風にあおられて脱線した。現地を調査した結果、竜巻が通って電車が吹き飛ばされたのではないかと推察している。私には、地球規模の異常気象が日本海側に少しずつ顔を出し始めているように思われる。この地球シミュレータを使って、早く3次元シミュレーションをやってみてほしいと思っている。

いずれにしても、早く見学に行きたいものである。

以上