



●核融合科学研究会ニュース 39●



大強度陽子加速器施設 (J-PARC) 50GeV シンクロトロン内部



CONTENTS

第18回核融合科学研究会見学会
大強度陽子加速器施設 (J-PARC)
～物質を新しい世界から見るための
最先端科学施設—大型ヘリカル
装置との共通点が見えた～

2

総研大・核融合科学専攻
「夏の体験入学」

4



事務局だより・編集後記

6

第18回核融合科学研究会見学会 大強度陽子加速器施設 (J-PARC)

～物質を新しい世界から見るための最先端科学施設 —大型ヘリカル装置との共通点が見えた～

今年は全国的な猛暑の中で土用の丑の日を迎えました。その翌日の平成20年7月25日（金）、茨城県東海村の大強度陽子加速器施設（J-PARC）にて第18回核融合科学研究会見学会が開催されました。J-PARCは、Japan Proton Acceleration Research Complexの略称で、大学共同利用機関法人 高エネルギー加速器研究機構（KEK）および独立行政法人 日本原子力研究開発機構（JAEA）が共同で建設・運用を行っている施設です。平成13年度に建設工事が始まり、平成17年度にJ-PARCをKEKとJAEAが一体的に運営するための組織「J-PARC センター」が設置されました。平成20年度に第一期分が完成し、同年5月22日22時27分、シンクロトロン内におけるビーム周回運転に成功しました。さらに8日後の5月30日14時25分、核破砕反応による初の中性子発生に成功しました。このような活気のある様相を呈している J-PARC をぜひ見学したいと、今年は総勢40名以上の方々のご参加をいただきました。

② さて、勝田駅に集合した私たち一行は、バスに乗り込み J-PARC へ向かいました。到着した私たちを出迎えてくれた方は、高エネルギー加速器研究機構 大強度陽子加速器計画推進部の吉岡正和教授でした。私たちは早速説明用の部屋に案内され、吉岡先生による施設の概要説明が始まりました。とてもエネルギー感で、かつ気さくな吉岡先生は、J-PARC の鳥瞰図をスクリーンに映しながら、大きな声で「今日はここと、ここと、ここを見て回ります。とにかく敷地が広いので、構内はバスで移動します。ここでは地下にもぐって歩いてもらいます。途中、ビームラインをくぐって通り抜けるところがあります。そこでは腰を低くかがめてもらいますからね、こういう仕事していると自然と腰が低くなるもんなんです。」などと、冗談を交えて終始和やかな、かつ細かい説明を始められました。しかし、次のスライドに移る前にハタと説明を止め、「今回は、時間がかなりタイトなので、まあ、細かい説明は現場ですことにしましょう。みなさん、レシーバーを持ってバスに乗ってください！あとはレシーバー越しに説明しますから。」と言うや否や、てきぱきとヘッドセットを装着して部屋を退室しました。今回の見学会の予定時刻と見学内容とを照らし合わせて、十分な見学時間を確保できるようにとの配慮からでした。事実、その後の約2時間30分にわたる見学の間、吉岡先生は広大な J-PARC 内を私たちと共に移動し、説明をしてくださりました。その間、まったく疲れた様子を見せなかったのが印象的でした。

さて、J-PARC には各種の施設があります。それらは大きく分けて『加速器』と『利用実験施設』の2種類に分けられます。『加速器』は、大強度陽子ビームを生成するための施設で、『線形加速器（リニアック）』、『3GeV シンクロトロン』、『50GeV シンクロトロン』の3つに分けられます。一方、『利用実験施設』は二次粒子を利用して研究を行うための施設で、『原子核・素粒子実験施設（ハドロン実験施設）』、『物質・生命科学実験施設』、『ニュートリノ実験施設』の3つに分けられます。今回は『50GeV シンクロトロン』、『ニュートリノビームライン』、『原子核・素粒子実験施設（ハドロン実験施設）』、そして『物質・生命科学実験施設』の4つの施設を見学しました。

私達はバスに乗り込み、『50GeV シンクロトロン』へ向かって出発しました。途中、長屋のような、倉庫のような、長い建物の脇を通り抜けました。実はここが『リニアック』だったのです。『リニアック』を通り過ぎると、『3GeV シンクロトロン』を左手に見ながらアンダーパスを潜り抜け、『50GeV シンクロトロン』のリングの内側に入っていました。ここは世界最先端の施設なのですが、不思議なことに森の中を散策しているような錯覚に陥りました。『50GeV シンクロトロン』のリングの内側は先祖代々伝わる防風林がそのまま残されており、また、地下に設置されている『50GeV シンクロトロン』のリング上の盛り土には元来この土地に生えていた樹木と同じ植生の樹木が植樹されているためです。自然に極力手をつけず、また、手を加える部分は自然へ負荷がかからないよう整備する。これは、核融合科学研究所における保存林やヒバリ生息地の確保、ホタルの棲める森の保全などとも共通していると感じました。

ここで、大強度陽子ビームの生成手法を簡単に順番を追って説明します。①水素原子核に電子を付与して負イオン（H⁻）とし、『リニアック』で加速する。②負イオンから電子を二個剥ぎ取り、陽子ビーム（p）とする。③『3GeV シンクロトロン』へ入射して30億電子ボルトまで加速する。④次いで『50GeV シンクロトロン』へ入射し、最大500億電子ボルトまで加速する。このとき、陽子の速度は光速の99.98%に達します。さて、『リニアック』では負イオン源を用いており、その点はLHDにおけるNBI装置の負イオン源と共通です。また、二種類のシンクロトロンはドーナツ型をしており、LHDもドーナツ型ですからトポロジー的に共通しています。

吉岡先生の説明とバスの運転手さんへの道案内が続く中、バスは『50GeV シンクロトロン』の入り口に到着しました。私たちはヘルメットをかぶり、階段で15メートル地下へ降りてきました。ここまでもぐると、海岸から間近ということもあり、海面は私たちよりも上になるそうです。そのため地盤が堅固ではなく、加速器の建設には不向きな土地でしたが、多大な努力で克服されたということです。さて、この『50GeV シンクロトロン』、3箇所直線部とそれらを結ぶ3箇所の曲線部により構成されており、上空から見るとちょうどおにぎり型をしています。その1周は1567.5mで、直線部は116.1m、曲線部は406.4mあります。私たちが最初に降り立ったところは曲線部でした。私たちは上から見て反時計回りに進んでいきます。ですの、はじめは左に曲がる回廊を進んでいく格好になります（写真1）。ここでは、ずらりと並んだ偏向電磁石群が印象的でした。偏向電磁石群は、働きに応じて四極電磁石、六極電磁石、



写真1 『50GeV シンクロトロン』内部。偏向磁石の回廊をビームラインに沿って歩く。



写真2 『50GeV シンクロトロン』内部。『ニュートリノビームライン』へ向かうために腰を低くしてビームラインをくぐり『50GeV シンクロトロン』の内側へ移動。

そしてステアリング電磁石で構成されており、陽子ビームの軌道を高い精度で曲げ、続く直線部へと導きます。直線部では、高周波加速空洞により陽子ビームを加速するための機器がずらりと並んでいます。偏向磁石群の回廊を案内に従って歩いて行くと、経路が三つに別れるところへ出てきました。一つはそのまま『50GeV シンクロトロン』を周回する「本線」、もう一つは、地震などの緊急時に陽子ビームをダンプさせる「待避線」、残る一つは、J-PARC から295km 離れた岐阜県飛騨市にあるスーパーカミオカンデにニュートリノを射出するための『ニュートリノビームライン』です。「待避線」は私たちの目の前にあるビームダンプで終わっており、本線はさらに先に続いています。私達は『ニュートリノビームライン』に沿って進むために、腰を低くして「本線」のビームラインを潜って行きました(写真2)。この『ニュートリノビームライン』は、その曲率が『50GeV シンクロトロン』の曲線部よりも小さいため、これに沿って高速の陽子を曲げるためには強力な磁場を必要とします。そのため、超伝導磁石を用いて磁場を生成しています。もちろん、コイルを冷却するためのLHDの超伝導コイルシステムと似たような装置を見ることができました。また共通点を発見しました。

階段を上がり地上に戻って再びバスに乗り込み、続いて『ハドロン実験施設』へ向かいました。建屋の外には鉄鋼が積み上げられており、建設中の活気が感じられました。ここでは、『50GeV シンクロトロン』から遅いビームが分配され、3.4秒に1回のサイクルで1秒間のビームを使います。電流は9 μ A で、30GeV-3 $\times$ 10¹⁴個の陽子ビームが分配されています。放射線遮蔽のために5000トンの鉄鋼を使用するという事です。『ハドロン実験施設』で研究されている専門の先生から説明をうけました。ここでは、

『50GeV シンクロトロン』からの陽子ビームによる二次粒子ビームを用いて、主にハドロンとハドロン物質に関する研究を行います。さまざまな素粒子の振る舞いを実験で検証することが可能で、これは、世界最高強度のハドロンビームと世界最高性能を誇る検出器群により実現されるものです。建設途中の見学でしたが、そのおかげで実験が始まると見る事ができない状況を見学することができたので幸運でした(写真3)。研究課題はいくつかありますが、これまで実験的にはまだ確認されていない Ξ (グザイ)粒子の検証等が挙げられます。これは、理論的には予言されているものの、実験的には検証されていない粒子で、実験で確認されれば世界初になるということです。

——と、ここまで一切の休憩をとらずにすでに約1時間30分、見学に没頭していましたが、ここで小休止です。吉岡正和先生は始めからずっと我々と一緒について来て下さり、疲れた様子もなく、そのバイタリティには驚かされると同時に感謝の気持ちが沸いて来ました。

さて、一息つけて最後に向かったのは『物質・生命科学実験施設』です(写真4)。ここでも専門の先生が中性子線・ミュオンに関して説明をしてくださいました。『物質・生命科学実験施設』では、『3GeV シンクロトロン』から陽子ビームを導入し、中性子源中心部において標的である水銀の原子核をバラバラにする核破砕反応を起こして中性子を発生させます。中性子を利用したさまざまな分野への応用が期待されています。中性子線を用いた透過観測技術は主な研究課題の一つです。私たちになじみ深い透過観測にX線があります。X線も中性子も、物質の原子や分子構造を観測することができますが、X線は電子によって散乱されるのに対して中性子は原子核との衝突で散乱されます。すなわち、中性子の方がより原子番号

3

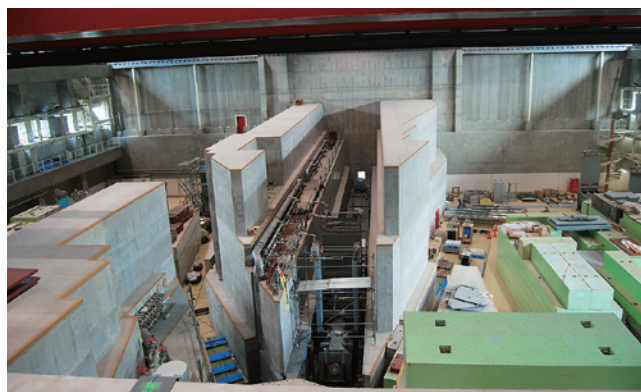


写真3 『原子核・素粒子実験施設(ハドロン実験施設)』建設工事の真ん中であるために、コンクリート防護壁の内部を目の当たりにすることが出来た。



写真4 『物質・生命科学実験施設』内部。右手の曲率のある黒壁の向こう側に中性子源がある。

の小さい原子でも観測することが出来るのです。この特徴を活かし、X線よりも詳細な工業製品検査を行えたり、リチウムイオン電池内のリチウム原子を観測したりすることが出来ます。また、中性子はX線よりも水分子を観察する能力が優れているという特長を持っているので、生命科学研究の分野（難病治療薬の開発・タンパク質の運動の仕組みの解明・農業への応用）も期待されています。中性子のほかにミュオンも生成され、ミュオンを用いた様々な実験を行います。高温超伝導体の磁性構造の解明により、リニアモーターカーへの応用や電力貯蔵システム、NMRなど医療機器の改良など、多くの分野への貢献が期待されています。『物質・生命科学実験施設』では、建屋の中央に中性子発生源が設置されており、そこから中性子をエネルギーなどのパラメータに応じたポートから取り出して利用する構成になっています。すでに実験機器の設置が進んでおり、KEKやJAEAが利用する機器のほかに、共同研究の一環として、茨城県が所有する実験装置がすでに持ち込まれていました（写真5）。これは、茨城大学が行う研究に使われる機器とのことでした。共同利用機関という点でも核融合科学研究所と共通点です。また、ここでは行われていませんが、重水素と三重水素の結合を強める働きを有する負ミュオンを利用したミュオン核融合の研究も紹介されました。

4

『物質・生命科学実験施設』を辞去する際、集合記念写真を撮影して（写真6）バスに乗り込みました。吉岡先生も便乗し、正門ゲートの前ですたすたと降車しました。文字通り最後までお付き合いただきました。ありがとうございました。



写真5 『物質・生命科学実験施設』内部。建設中の実験機器の内部を覗き込むことが出来た。実験が始まると放射化のためこんなには近づけない。



写真6 『物質・生命科学実験施設』玄関で集合写真。

総研大・核融合科学専攻「夏の体験入学」

核融合科学研究所（以下「核融合研」）内にある、総合研究大学院大学・物理科学研究科・核融合科学専攻では、核融合科学専攻の研究内容に興味を持つ学生の発掘と核融合科学の研究内容の周知を目的として、毎年8月に「夏の体験入学」を開催しています。本事業は総合研究大学院大学のプログラムを基本として、より多くの学生に参加の機会を与えるべく、「核融合科学研究会」からの支援も受けて実行されております。

本年の「夏の体験入学」は2008年8月4日（月）から8月8日（金）の5日間の日程で開催されました。参加対象は、大学1～4年生、大学院博士前期課程（修士課程）学生、高専4～5年生・専攻科学生で、今回は31名の学生が全国各地（北は北海道から南は福岡県）から体験入学に参加しました。核融合科学専攻の体験入学の主要な内容は、以下のとおりです。体験入学者は「プラズマ実験」、「核融合に関連した先進工学実験」、「理論シミュレーション」に関連した何れかの研究テーマグループに数人ずつ配属されます。今年は14の研究テーマグループに多いところで4名、少ないところで1名が配属されました。配属先の決定は参加者の希望を優先しますが、できるだけ多くの研究テーマに参加者が配属されるような配慮も

働きます。参加者は研究テーマグループごとに設定された課題に関する研究（実験や解析、シミュレーション等）を行い、最終日に研究成果を発表します。本体験入学の最大の特徴と我々が考えているのが、すべての参加者が核融合研内にある宿舎で寝泊りして研究者や研究者の卵である総研大生の生活を疑似体験する点です。また、実際の大学院の環境と同様に、体験学生一人に対し、研究者と実習補助を合わせて1名以上が指導に当たるような体制をとっています。

研究体験の一番の要が最終日の研究成果発表会です。発表会があることにより、体験入学者は研究体験に明確な目標ができるようです。また、発表資料の作成や質疑応答を通じて、研究に必要な要素を具体的に体験する効果もあるようです。発表会は学会での発表スタイルを模した形式で、丸1日かけて行われました。発表会には、体験入学者はもちろん、指導を担当した研究者、実習補助者はもちろん、業務に支障のない核融合研の研究者も参加します。発表はグループごとに行いますが、すべての体験入学者は自分の行った研究内容を発表しなくてはなりません。発表時間は一人当たり8分～15分（時間はテーマグループの人数により異なります）が設定されました。既に学会や学内での発表会での類いの

発表経験がある数名の大学院生を除くと多数がこのような研究発表は初体験のようでしたが、発表内容は総じて良いできで、体験学生の研究意識と能力の高さに驚かされました。

体験入学の期間中には、上記の研究体験、研究発表以外にもいくつかの催しが行われました。そのひとつは、核融合研の主研究施設である大型ヘリカル装置とスーパーコンピュータ、バーチャルリアリティ（3次元グラフィックによる仮想現実化）装置の見学です。この施設見学は体験入学の初日に行われ、この見学により、最先端の研究施設の一端にまず触れることになります。さらに今回は、専攻長である本島 修 核融合研究所所長による特別講義も行われ、核融合研究の魅力について学ぶ機会が得られたと思います。また、2日目の夕方に夕食を兼ねた懇親会が開かれました。懇親会では、研究を行う上での喜びや悩み、研究以外の楽しみ等についても、話し合われ、体験学生と指導教員、実習補助を行う総研大在学生の間の親睦が深まったようでした。さらに、体験期間中は規則正しい生活リズムを持ってもらうため、毎朝朝礼の時間をとり「体験入学生」が一同に会する機会を設けました。朝礼では「体験入学生」に一人2-3分で自己紹介や体験課題の感想を話してもらいましたが、研究テーマが異なる「体験入学生」同士の相互理解が深める良い機

会になったようです。

「夏の体験入学」は5年目を迎え、夏の行事として完全に定着しました。急速に進展する科学技術の現場を学生に体験してもらうという企画は、核融合という先端科学研究を行っている機関としての社会的責任を果たすという側面からも重要です。一方、「夏の体験入学」は、研究指導を行う機会を与えるという観点で、総研大在生に対する教育活動としても機能しています。参加者の知的満足度は高いことが体験学生のアンケートからもうかがえ、本企画への参加が総研大の受験の契機となったケースも現れています。過去の4回の企画への参加者のうち5名が総研大に入学しているということからも本企画の果たす役割は大きいと考えられます。このような成果が現れているのも、より多くの希望者に対して、「夏の体験入学」参加の機会を提供できるような体制を維持する環境があるためと考えております。「核融合科学研究会」からのご支援に対しお礼申し上げますと共に、本事業のさらなる発展のために、今後ともご支援の程よろしくお願い申し上げます。

（文責：渡邊 清政

核融合科学研究所 高温プラズマ物理研究系准教授、
総合研究大学院大学・物理科学研究科・核融合科学専攻／併任）



写真1 本島専攻長を中心に体験入学生、担当教員、在学生の集合写真



写真2 実習風景（左上；ミリ波を使った計測器の調整、右上；分光データの解析、真中；高エネルギー粒子計測器の調整、確認）



写真3 大型ヘリカル実験装置の見学

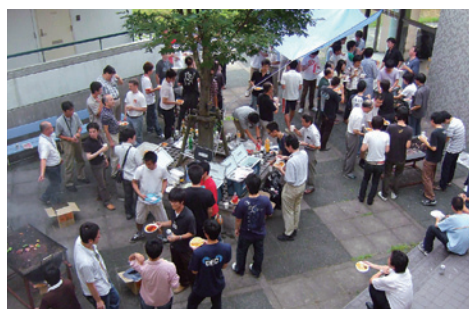


写真4 懇親会の様子（今年は宿泊施設の中庭でバーベキュー）



写真5 本島専攻長の特別講義
と質疑応答の様子

事務局だより

核融合科学研究会 第20回講演会のお知らせ

日 程 平成21年2月20日（金） 15時30分より17時30分まで（15時より受付開始）
 場 所 まなびパークたじみ 7階 多目的ホール
 多治見市豊岡町1-55 TEL：0572-23-7022
 所在地 ホームページ：<http://www.tajimi-bunka.or.jp/gakushu/> JR 中央線多治見駅より徒歩3分
 講 師 NHK エグゼクティブアナウンサー 葛西 聖司氏
 演 題 「放送ふれあいの旅 ―出会う人 出会うことば―」
 スケジュール
 15：30 開 会 挨拶 および 核融合科学研究所 近況報告
 | 自然科学研究機構 核融合科学研究所長 本島 修氏
 15：50
 15：50 講 演 会
 | NHK エグゼクティブアナウンサー 葛西 聖司氏
 17：30 「放送ふれあいの旅 ―出会う人 出会うことば―」

6

葛西先生は、1951年東京生まれ。中央大学法学部卒業後、1974年 NHK に入局。これまでに「ひるのプレゼント」、「歌謡リクエストショー」、「ライバル日本史」、「芸能花舞台」などテレビ番組の司会、「昼の散歩道」、「クイズ疑問の館」、「サンデージョッキー」などラジオ番組の司会、大河ドラマ「独眼流政宗」、連続テレビ小説「滞つくし」、正月ドラマ「上杉鷹山」、「加賀百万石」などのドラマの語りなど、多数の番組を担当。現在は、エグゼクティブアナウンサーとして「ラジオ深夜便」（ラジオ第一 月 夜11時20分から翌朝5時まで）、「きらめき歌謡ライブ」（ラジオ第一 水 夜8時）などを担当されています。

今回の講演会では、輝いて生きている皆さんの明日にお役に立てればと、葛西先生が、テレビ、ラジオの放送や取材で出会われたさまざまな方々との出会いから、忘れられないことばや大切な思い出をご紹介します。

編集後記

平素は核融合科学研究会の活動に格段のご高配を賜りまして、ありがとうございます。

会員の皆様には、世界経済が大変厳しき情勢であるにもかかわらず、核融合科学研究会の活動をご理解いただき、ご支援いただいておりますこと、深く感謝申し上げます次第です。

当研究会では、未来の核融合研究を担う若手研究者を育成することを事業の大きな柱としておりますが、今回の会報では、当研究会がその活動を支援する総合研究大学院大学・核融合科学専攻の「夏の体験入学」事業について取り上げました。

また、会員の皆様に好評を博しました大強度陽子加速器施設（J-PARC）見学会の報告記事も掲載しております。

核融合科学研究会では、今後も、核融合科学研究所と会員の皆様との架け橋となれるような活動をしてきたいと思っておりますので、当会の活動（講演会、見学会等）でご要望などあれば事務局までご意見お寄せください。

今後とも、当研究会の活動ならびに核融合科学研究所へのいっそうのご理解・ご支援をよろしくお願い申し上げます。

核融合科学研究会ニュース
第39号（2009年2月）

融 會

編集・発行
核 融 合 科 学 研 究 会

〒509-5292 岐阜県土岐市下石町322-6

TEL 0572-58-0622 / FAX 0572-58-0626

E-mail：yu-kwai@tcp-ip.or.jp

URL：http://www.nifs.ac.jp/yu-kwai/index.html