

大学共同利用機関法人 自然科学研究機構
核融合科学研究所

NIFS NEWS

No.218



Fusion フェスタ in Tokyo 鈴木先生の講演の様子

2014
JUN/JUL

研究最前線 …… 2-3

光でわかるプラズマの振る舞い～真空紫外分光による不純物計測～ 大石 鉄太郎

特 集 …… 4-5

Fusion フェスタ in Tokyo 竹入 康彦
情報通信システム部の紹介 金子 修

会 議 報 告 …… 6-8

第5回A3フォーサイトプログラムワークショップ会合 森田 繁
第21回制御核融合装置におけるプラズマ・表面相互作用に関する国際会議 相良 明男
第20回高温プラズマ計測に関する国際会議(HTPD2014) 向井 清史

トピックス …… 8

第3回自然科学研究機構若手研究者賞を受賞

光でわかるプラズマの振る舞い ～真空紫外分光による不純物計測～

大石 鉄太郎

磁場で閉じ込めたプラズマの中には、炭素や酸素、金属等のいろいろなイオンが不純物として存在しています。不純物イオンは、プラズマからエネルギーを吸収して、そのエネルギーを「光」として放出します。そのためプラズマの温度を下げてしまうことがあり、あまり好ましくないと考えられがちです。しかし、実はこの「光」には、プラズマの性質や振る舞い分かる情報が数多く含まれているのです。不純物イオンを介した、プラズマから私たちへのメッセージとも言えるでしょう。今回は、不純物イオンが放出する光を計測してそのメッセージを読み解く研究について紹介し、プラズマの何が「わかる」のかをお話しします。

不純物イオンが放出する真空紫外光

図1は、大型ヘリカル装置(LHD)の断面図と磁力線の構造を表しています。磁力線が閉じてプラズマを閉じ込める「かご」を形成する「閉じ込め領域」、その周辺で長短さまざな長さの磁力線が折り重なった「エルゴディック層」、磁力線が加熱板(ダイバータ板)に連結する「ダイバータレッグ」が主な構造です。主要な不純物である炭素イオンは、まずダイバータ板の表面から中性原子として放出され、電離して価数の高いイオンになりながらエルゴディック層へと向かいます。図1で $C^0 \rightarrow C^+ \rightarrow C^{2+} \rightarrow C^{3+} \rightarrow \dots$ と描かれているような様子を想像してみてください。エルゴディック層は不純物の振る舞いを決定する大きな役割を持っており、不純物を閉じ込め領域に引き入れたりダイバータ板に押し戻したりします。ここで不純物に何が起きているかを実際に知るために役に立つのが、光を波長ごとに分けて計測する「分光」という手法です。エルゴディック層のプラズマの温度は10万度から500万度程度で、この中にある不純物イオンは、波長が数10から約400ナノメートル(1ナノメートルは10億分の1メートル)の「真空紫外光」を強く放出します。ちなみに紫外光は英語で“Ultraviolet (UV)”といい、サングラスなどに表示されている“UV400”とは「波長400ナノメートル以下の紫外光をカットする」という意味です。それではこの真空紫外光を分光計測することで何が分かるのか、具体的にみていきましょう。

不純物の種類と量が分かる

LHDの真空紫外分光計測では、30～320ナノメートルの波長領域を計測しています。その波長スペクトル(波長ごとの発光強度分布)のうち116.5～118.0ナノメートルの部分拡大したものを図2に示します。図2(a)を見ると、116.87ナノメートルにヘリウム中性原子の、117.49～117.64ナノメートルに2価の炭素イオンの線スペクトルが観測されています。原子やイオンはそれぞれ特有の波長を持った光を線スペクトルとして放出するため、波長からその種類を特定できるのです。さて、ここで、このプラズマの中に、別の種類の不純物を「わざと」導入してみます。図2(b)は、タングステンという金属の薄片(「タングステンペレット」と呼んでいます)をプラズマに入射し、その直後の真空紫外スペクトルを観測したものです。もともと観測されていたヘリウムと炭素に加え、矢印で示した116.82ナノメートルに新しい線スペクトルが観測されました。これが、タングステンイオンがプラズマ中で発光した時の線スペクトルということになります。LHDではこのように、金属不純物をわざとプラズマ中に導入して発光させる実験を盛んに行っています。発光波長を調べ、発光強度や発光位置がどのように変化するかを観測することで、プラズマ中での金属不純物の振る舞い分かるのです。特にここで紹介したタングstenは、

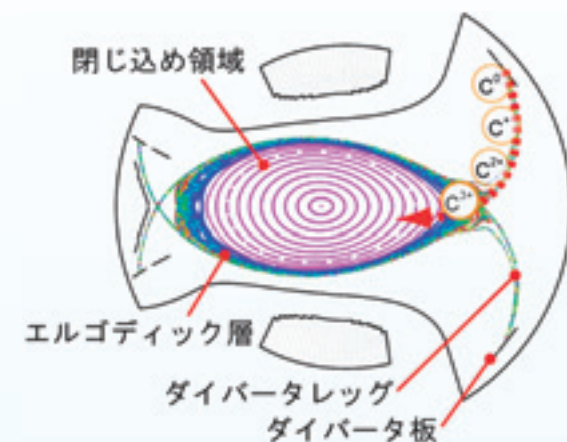


図1 LHD装置の断面図と磁力線構造。主要な不純物である炭素イオンはダイバータ板から発生し、電離しながらダイバータレッグとエルゴディック層を経て閉じ込め領域に至る。

国際熱核融合実験炉ITERでダイバータ板の材料として用いられ、将来の核融合炉でも使用される可能性があります。そのため、不純物としてプラズマ中に入ってきた時の振る舞いが注目されていますが、真空紫外の波長領域でタングステンイオンの発光を計測した例はほとんどなく、LHDでの研究が大いに役に立つものと思われる。

プラズマの温度と「流れ」が分かる

線スペクトルの形状を正確に計測することもまた重要です。図3(a)は、3価の炭素イオンの線スペクトルを拡大したものです。静止した3価の炭素イオンの発光は154.82ナノメートルの波長を持ちますが、その2倍の波長309.64ナノメートルにも線スペクトルが現れます(2次光)。これを実際に計測してみると、309.64ナノメートルを中心に、長波長側にも短波長側にも広がりをを持った、釣り鐘型のスペクトル形状をしています。これは炭素の不純物イオンがプラズマ中である熱速度(イオン温度)をもって運動していることに起因しています。「ドップラー効果」という現象によって、観測者(計測器)に近づく方向に運動しているイオンの発光は波長が短く、遠ざかるイオンの発光は波長が長く観測されます。大きな速度で運動するイオンの発光ほど、静止したイオンの発光から波長が大きく変化します。プラズマ中には様々な速度を持ったイオンが分布していますので、それらの重ね合わせの結果、スペクトルが広がって見えるのです(ドップラー広がり)。従って、スペクトル

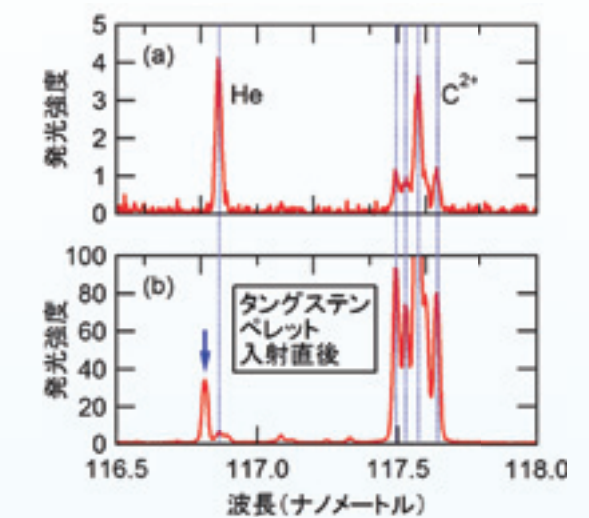


図2 (a) LHDプラズマの真空紫外光スペクトルに、ヘリウム中性原子と2価炭素イオンの線スペクトルが観測されている。(b) プラズマ中にタングステンという金属の薄片(ペレット)を入射すると、入射前には見られなかった線スペクトルが現れ(矢印)、タングステンイオンが発光していることが分かる。

の広がりを計測することで、プラズマ中でイオンが運動する熱速度、すなわちイオン温度が分かり、図3(a)の場合は26万度に相当します。3価の炭素イオンが発光することが分かっている、エルゴディック層でのイオン温度として解釈できます。さて、この時の実験では、プラズマの電子密度を増加させていったのですが、それに伴って炭素イオンの線スペクトルの波長の中心が短波長側にシフトすることが観測されました。これも原因はドップラー効果です。ランダムな熱運動の場合と異なり、イオンがある方向にまとまった「流れ」を持って運動している場合、線スペクトルの波長の中心が丸ごとシフトします。図3(b)に示したスペクトルは、図3(a)と比較すると短波長側に0.0083ナノメートルのシフトがあり、流れの大きさに直すと秒速8キロメートル程度です。エルゴディック層の中に「流れ」があることが示唆されます。プラズマの流れを形成する原因には様々なものがありますが、ここで流れの大きさが測れるようになったことで、その原因の特定に近づいたと言えます。今後、このような流れがプラズマの閉じ込め性能や不純物の振る舞いとどのような関係にあるのかを調べていく予定です。

ニュートンがプリズムを使って太陽光を分光したのが、分光研究の始まりとされています。現代に生きる私たち核融合研究者もまた、光を頼りにプラズマからのメッセージを読み解きながら、「地上の太陽」の実現を目指しているのです。

(高密度プラズマ物理研究系 助教)

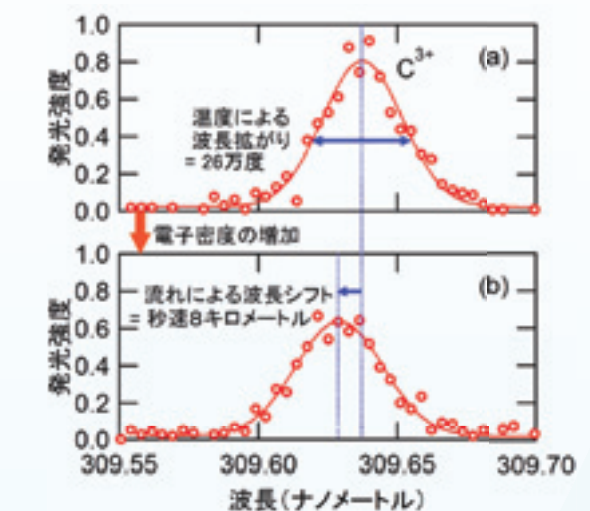


図3 3価の炭素イオンの発光スペクトル。(a) 線スペクトルの広がりからイオン温度が求められ、(b) 波長シフトはプラズマに流れがあることを示している。

Fusion フェスタ in Tokyo

竹入 康彦

研究所の活動、そして大きく進展している核融合研究について、広く一般の方々に知っていただくために、ゴールデンウィーク中の5月3日に、日本科学未来館(東京都江東区青海)において「Fusion フェスタ in Tokyo 2014 -核融合! 未来を創るエネルギー-」を開催しました。平成22年度より東京で開催している本イベントも今回で5回目となりましたが、当日は晴天に恵まれて、家族連れを中心に過去最多の約2,200名の参加をいただきました。

本イベントは、核融合とその実現へ向けた研究の一端を紹介するとともに、楽しみながら科学や核融合を身近に感じていただけるよう、講演会と科学教室・展示から構成されています。講演会では、小森彰夫所長より、核融合の原理から大型ヘリカル装置(LHD)をはじめとした核融合研究の進展と今後の実現へ向けた見通しについて講演が行われました。その中で、高速インターネット回線を用いて研究所からの実況ライブ中継を行い、LHDの真空容器の中からレポーターが装置の説明を行うとともに、会場からの質問に答えるなど、LHDの様子を臨場感高く紹介できました。また、俳優の野川慧さんが案内する研究所見学ツアーのビデオを制作し、家族向けの企画として、ご本人も参加した研究所スタッフとのトークにLHDの実況中継を交えながら、当日会場で上映しました。会場にしながら、研究所やLHDを見学しているのを実感していただけたと思います。また特別講演として、鈴木洋一郎教授(東京大学カブリ数物連携宇宙研究機構、副機構長)をお招きして、「太陽、ニュートリノ、そしてダークマター」と題する講演をいた

だきました。太陽のエネルギー源である核融合から、宇宙の神秘に迫るニュートリノやダークマターの話まで、講演の途中にも会場からの質問に受け答えされながら、丁寧に、分かりやすく、お話しいただきました。中学生や小学生からかなり専門的な質問が多く出されるなど、将来の日本の科学技術を担う若い世代に大きな期待を感じました。

科学教室・実験教室、展示では、核融合に関連深い技術を利用した超伝導磁気浮上列車、真空実験、巨大プラズマボール、分光、大気圧プラズマ、形状記憶合金等の実演を行いました。クレーンロボット製作とセラミック折り紙体験の科学工作教室は人気を集め、今回も抽選を行いました。多数の希望者がありました。核融合プラズマの研究に関連したコンピュータシミュレーション技法を用いたプラズマの3次元映像も、多くの方に体験していただきました。また、スーパーサイエンスハイスクール(SSH)の提携校の高校生による研究発表も大変好評でした。核融合研究の紹介パネルにおいても、LHDの最近の研究成果や実現への見通しに多くの方が関心を示されるなど、科学に親しみながら、安全で環境に優しい次世代のエネルギーである核融合について、理解を深めていただけたのではないかと思います。

核融合研究の重要性と科学の楽しさをより広く知っていただくため、今後も東京でのイベントを開催していきます。次回は、平成27年の5月頃の開催を予定しています。

(Fusionフェスタ in Tokyo実行委員長
プラズマ加熱物理研究系 教授)



俳優の野川慧さんと研究所スタッフとのトークイベントの様子



クレーンロボット製作の様子

情報通信システム部の紹介

金子 修

核融合科学研究所(NIFS)では大型ヘリカル装置の実験データをはじめ、各部署で様々な形の情報が大量に処理されています。これらのデータは専門的であるとともに、所内の多数の研究者が共有するものでもありますから、その収集・保管・配信等を行うシステムは研究所の中で独自に構築しなくてはなりません。また、NIFSは大学共同利用機関でもありますので、多くの共同研究者の情報も保有し、所外との情報のやりとりも盛んに行われています。研究所は共同利用の情報を積極的に公開する一方で、個人データ等の機密保身を図らねばなりません。これらのシステム構築には高度に専門的な知識を持つ人材が必要ですが、各部署にあてがう十分な数の専門家を確保するのは容易ではありません。汎用性の高いデータ処理システム開発は外注も可能ですが、コストの問題が発生します。何より、計測装置の制御システム等は仕様が特殊なため、所内で製作せざるを得ず、そのためには研究者と一緒にシステムを構築する専門家が所内に必要となります。

NIFSでは技術部に何人かの専門技術を持った技術職員がおりますし、専門家への委託も行っていましたが、以前は組織が縦割りであったため、これらの情報収集や通信システムの開発・運用は、それぞれの担当部署でほぼ独立して行われてきました。そのため、緊急性・重要度の高い業務が生じた時に枠組みを超えて機動的に人員や予算を投入する、といった柔軟な対応ができませんでした。その結果として、多くの情報システムで改良・補修・監視に必要な人材が十分に確保できないジレンマが慢性化し、情報サービスの拡充、改善が思うようにはかどらない状況でした。この問題を解消するには、縦割り構造を廃止して情報通信システムの保守・運用・開発の体制を一元化し、所内で数少ない専門家をより柔軟に各種システムに対応させることが望ましいと考えられます。マンパワーの配分を臨機応変かつ適切に行うことで、保守・運用体制を多重化するといった高信頼な体制を編成することも可能となります。このための組織として、情報通信システム部を平成25年4月より発足させました。

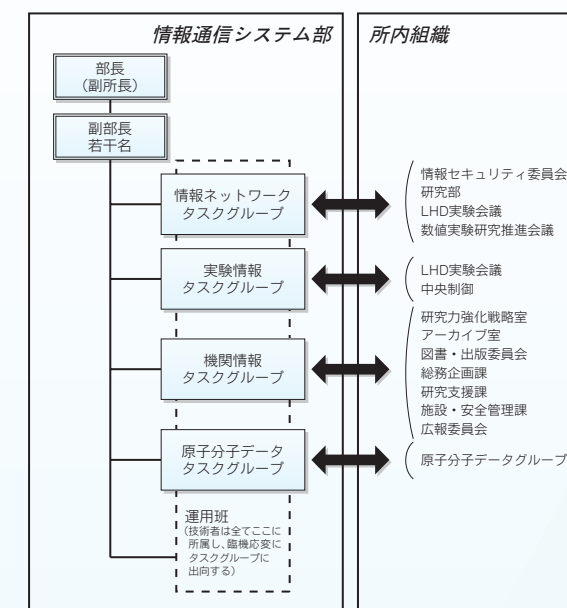
情報通信システム部は、所内の情報通信システムの保守・運用・開発体制を一元化し、運用班に集

めた専門家を、研究所で必要とする仕事の内容別に分けたタスクグループに動的に配置することで、効率的なシステム開発・改良及び補修・監視等を行うための組織です。図には情報通信システム部の構成と業務依頼を行う所内の各部署との関係を示しています。情報ネットワークタスクグループは電子メール等の所内外の通信を管理・運用します。実験情報タスクグループは実験機器の制御やデータ収集、解析環境等に関する運用・開発を行います。機関情報タスクグループは研究活動業績の蓄積や共同研究用情報の管理・運用を行います。原子分子データグループは研究所が公開している原子・分子データベースの管理を行います。技術部・研究部他の関係職員は全て運用班に属し、各タスクの仕事に応じて動的に配置されます。これにより、限られた数の専門家で効率的な仕事ができることを期待しています。

NIFSでは研究部を横断的に構成される「プロジェクト」を研究推進の柱としていますが、情報通信システム部は、研究部・技術部を横断するもう一つの「プロジェクト」だと言えるでしょう。

(情報通信システム部 部長
プラズマ加熱物理研究系 教授)

組織図



第5回A3フォーサイトプログラムワークショップ会合

森田 繁

日本学術振興会(JSPS)は中国国家自然科学基金(NFSC)及び韓国研究財団(NRF)と協同し、日中韓の3カ国を中核としてアジアに世界的水準の研究拠点を構築することを目的として、先見性や将来への展望などを意味する“foresight”の名を冠した「日中韓フォーサイト事業(A3フォーサイトプログラム)」を実施しています。「高性能プラズマの定常保持に必要な物理基盤の形成」と題した大型ヘリカル装置(LHD)(日本・核融合科学研究所)、EAST装置(中国・等離子体物理研究所)、KSTAR装置(韓国・国家核融合研究所)間の国際共同研究は、2012年8月に5年計画として同事業に採択されました。共同研究の実施状況を報告し、今後の具体的な研究計画を議論するための、A3フォーサイトプログラムに関するワークショップを日中韓の持ち回りで定期的で開催しており、その第5回会合を2014年6月23日から26日にかけて鹿児島・東急インにて、核融合科学研究所(NIFS)研究支援課の協力を得て日本側が主催しました。日中韓の3カ国から46名の参加者(日本:18名(うちNIFS:15名)、中国:12名、韓国:16名)を得て、4つのカテゴリーに分かれて発表と議論を行いました。カテゴリーは、I:核融合炉の定常運転に必要な「閉じ込め配位の定常保持」、II:炉心プラズマ熱流束の最適な熱処理を目指した「周辺及びダイバータプラズマ制御」(IIa:輸送(プラズマ-壁相互作用と原子分子物理を含む)、及びIIb:安定性)、III:核融合炉心プラズマを定常維持するための自己熱源となる高エネルギー α 粒子(He^{2+} イオン)を念頭に置いた「高エネルギー粒子の閉じ込めとバルクプラズマとの相互作用」の3つの実験分野とIV:それら実験を支援するための「理論・シミュレーション」で構成されています。

今回の会合のトピックスはEAST装置でタングステンダイバータ設置が完了し、会合開催中にプラズマ実験が開始されたことです。30MW入力・100秒放電を目指しており、長時間放電でのタングステンの挙動に関する研究は世界で初めてとなります。

そこで、会合ではタングステン診断に関するセッションを設けて、タングステン輸送研究に必要なスペクトル解析についてLHD装置で得られたデータを中心にNIFS主導で議論を行いました。特に村上泉教授を中心にNIFSで開発されているタングステンスペクトルのモデリングを用いるとこれまで説明できなかったスペクトル構造も首尾よく理解できることが示されました。タングステン研究用極端紫外分光器のEAST装置での設置も完了し、今後の共同研究の成果が待たれるところです。KSTAR装置でも平成26年度からタングステン輸送に関する実験を開始する予定になっています。プラズマ対向材料、不純物輸送、周辺磁場構造と周辺プラズマの安定性、中性子計測、高エネルギー粒子の振舞いとプラズマ波動等に関する共同研究も実験データの生産や解析の段階に入りつつあり、A3フォーサイトプログラムの順調な進展が示されました。

一方で、同プログラムは若手教育も共同研究の重要な柱として位置付けています。そこで、本会合では博士課程学生による発表セッションを設けました。NIFSからは2名の総合研究大学院大学学生が口頭発表を行いました。韓国学生の英語での秀逸な口頭発表が印象に残り、日本側も若手研究者の英語発表能力の更なる向上に力を注ぐ必要性を強く感じました。

(高密度プラズマ物理研究系 教授)



セミナー参加者の集合写真

第21回制御核融合装置におけるプラズマ・表面相互作用に関する国際会議

相良 明 男

核融合プラズマとそれに面する材料との相互作用に関する最も権威ある国際会議である、標記国際会議(21th PSI)が、2014年5月26日から30日の日程で、石川県立音楽堂(金沢市)で開催されました。今回は、核融合科学研究所が主催し、名古屋大学、金沢大学、大阪大学、日本原子力研究開発機構の研究者も交えた実行委員会で運営されました。この会議は、第1回が1974年の米国アルゴンヌで、その後は、米、欧、アジアで隔年で開催されており、今回で40周年でした。日本ではこれまでに、1984年(名古屋)、1994年(水戸)、2002年(岐阜)の3回開催されています。核融合装置周辺プラズマと材料との相互作用の理解と制御が核融合炉実現に必須である、という観点から、広い分野の最新研究が発表されてきています。今回の発表申込み件数は484件で、当会議史上最多でした。参加登録は418名、発表総数は374件でした。内訳は、レビュー・招待講演25件、口頭発表36件、ポスター発表314件、国・地域別では欧州144件、日本77件、北米64件、中国40件、露25件、韓12件、ITER8件、豪2件、メキシコ1件、ウクライナ1件でした。当研究所からはレビュー講演1件、招待講演2件、口頭発表3件、ポスター発表17件でした。

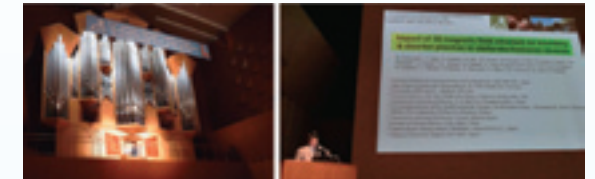
開会式では、大野哲靖現地実行委員長(名古屋大学)、小森彰夫核融合科学研究所長から開会の挨拶があり、来賓としてお招きした山野之義 金沢市長からご挨拶をいただきました。本会議では初めに、当研究所の小林政弘准教授が大型ヘリカル装置(LHD)の周辺プラズマ研究で進展した3次元構造の重要性に関するレビュー講演を行いました。続いて、高熱粒子の排出(ダイバータ)、耐熱材としてのタングステンの挙動等について招待講演がありました。以降、これらに関連する各国の大型プラズマ装置での実験結果、材料の粒子照射による表面変質やダスト微粒子の挙動、これらに関する大規模コンピュータシミュレーション研究等、幅広い研究成果が報告されました。特に今回は、国際熱

核融合実験炉(ITER)で採用が決まったタングステン製ダイバータ板に関する実験として、英国カラム研究所の大型プラズマ装置JETでのITER模擬壁(ILW)実験結果が注目され、熱い議論が連日展開されました。会議で発表された内容は、Elsevier社のJournal of Nuclear Materials誌に掲載される予定です。

口頭発表会場のコンサートホールには荘厳なパイプオルガンが設置されており、開会式に先立ち黒瀬めぐみ氏による演奏が披露されました。同ホールの大型スクリーンは見やすく音声も聞きやすいと、参加者には大変好評でした。また、金沢市は加賀藩百万石の城下町として栄えた都市であり、日本海の新鮮な海産物も多く、海外からの参加者には日本の文化・歴史・食に深く触れる良い機会となりました。最終日の閉会式では、若手ポスター賞受賞者6名が発表され、本研究所のCOE研究員E. Bernard氏が受賞しました。次回は2016年5月にイタリア・ローマで開催されることが紹介され、盛況の内に閉幕となりました。

最後に、石川県及び金沢市からの助成の他、多くの関係団体から協力を得て成功裏に終えることができましたことに深く感謝いたします。

(現地実行委副委員長、核融合システム研究系 教授)



開会式前のパイプオルガン演奏と小林准教授の発表



ポスター発表の様子と懇親会での鏡開き

第20回高温プラズマ計測に関する国際会議(HTPD2014)

向井清史

2014年6月1日から6月5日にかけて、米国・ジョージア州のアトランタにおいて、高温プラズマ計測に関する国際会議が開催されました。隔年開催で今回が第20回目となる本会議では、磁場閉じ込め核融合及び慣性閉じ込め核融合のセッションが更にマイクロ波、レーザー、X線、赤外線、中性子、イメージングや先進的計測といった各計測分野に分類され、高温プラズマの計測器開発や実験技術に関する課題について議論されました。発表件数は308件で、うち口頭発表(全て招待講演)は27件行われました。主な参加国は、発表件数順に、米国(161件)、欧州(42件)、日本(38件)、中国(37件)、韓国(20件)であり、米国留学中の学生を含め、中国・韓国が非常に積極的に研究を進めている印象を受けました。

核融合科学研究所からは14名が参加し、特に秋山毅志准教授による大型ヘリカル装置(LHD)におけるディスパージョン干渉計に関する招待講演は、プラズマの密度モニターとして広く利用されている干渉計測の短所である機械的振動の影響を除去可能な計測システムとして、大きな注目を集めました。筆者は、プラズマ輻射分布計測装置であるイメージングボロメータ(IRVB)に関して、LHD重水素実験時における

検出器の特性変化を、可視光レーザーを用いてその場で校正する装置の設計について報告しました。これは、赤外線は反射し可視光は透過するホットミラーと呼ばれる光学素子を用いることで、既存のIRVBに非常に簡素な構造を追加するだけで校正実験を可能にするものです。発表の際、各国の研究者と議論を行い、今後の方向性に対するアイデアを得ることができました。次回はウィスコンシン大学の主催で2016年に米国で開催される予定です。

(高温プラズマ物理研究系 助教)



招待講演を行っている秋山毅志准教授

TOPICS トピックス

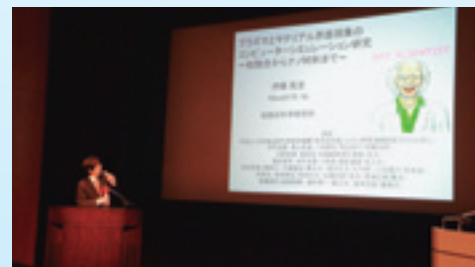
第3回自然科学研究機構若手研究者賞を受賞

本研究所基礎物理シミュレーション研究系の伊藤篤史助教が、「プラズマ-物質相互作用現象の理論シミュレーション研究」によって、第3回自然科学研究機構若手研究者賞を受賞しました。

この賞は、自然科学研究機構が、新しい自然科学分野の創成に熱心に取り組み、成果をあげた優秀な若手研究者を対象として授与しているものです。

この研究では、水素プラズマ照射時のプラズマ対向壁炭素材料の損耗現象を、先行研究の少なかった分子動力学シミュレーションを用いて解析し、炭化水素発生量の定量的評価に成功しました。また、最先端の物質科学手法を導入した新しい技法であるマルチスケールシミュレーション解析を開発し、プラズマ対向壁タングステン材料の解析が可能となりました。これらの成果は、核融合分野における材料研究だけでなく、プラズマを用いたナノ物質生成研究への応用が期待されます。

なお、授賞式と受賞記念講演が、平成26年6月15日に、日本科学未来館みらいCANホール(東京)にて行われ、一般の方々も多数の参加がありました。



伊藤篤史助教の記念講演の様子



受賞者の集合写真(伊藤助教は前列左から2人目)



大学共同利用機関法人 自然科学研究機構

核融合科学研究所 発行

NIFS NEWS No.218(2014年6, 7月号)

〒509-5292 岐阜県土岐市下石町322-6
TEL: 0572-58-2222 (代表) FAX: 0572-58-2601
URL: <http://www.nifs.ac.jp/>
E-mail: nifs-news@nifs.ac.jp

* 過去のニュースはホームページにてご覧いただけます。

《複写される方へ》

本誌に掲載された著作物を複写したい方は、(社)日本複写権センターと包括複写特許契約を締結されている企業の方でない限り、著作権者から複写権等の行使の委託を受けている次の団体から許諾を受けてください。

一般社団法人学術著作権協会 〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3F

TEL: 03-3475-5618 FAX: 03-3475-5619 E-mail: info@jaacc.jp 著作権の転載・翻訳のような、複写以外の許諾は、直接本研究所へご連絡ください。