

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

NIIFS NEWS

No.195



オープンキャンパス(一般公開)の詳細はP 8 トピックス

2010
AUG/SEP

研究最前線 …… 2 – 3

不純物ホールの観測 吉沼 幹朗

特集 …… 4 – 5

総研大・核融合科学専攻「夏の体験入学」 長坂 琢也

特集 …… 6

Fusion フェスタ in Tokyo 竹入 康彦

会議報告 …… 7

第23回国際低温技術会議および
2010年国際低温材料会議の合同会議 山田 修一
2010年超伝導応用会議 三戸 利行

トピックス …… 8

平成22年度オープンキャンパス(一般公開)のご案内
第20回国際土岐コンファレンスのお知らせ
プレスリリース
ビジターセンター開設のご案内
市民学術講演会を開催
市民説明会を開催

不純物ホールの観測

吉沼 幹朗

みなさんは不純物と聞くと、それを取り除きたいと思うでしょうか。それともそのままでもよいと思うでしょうか。辞書によると、不純物とは「ある物質中に少量混じった余計な別の物質」のことです。余計かどうかは、目的によって変わりますので、必要なもの以外の不必要的ものを不純物として広くとらえてみます。そうすると、私たちはしばしば、不純物を取り除く作業をしていることに気がつくでしょう。収穫した穀物に含まれる不要なみ殻やごみなどを取り除いたり、ザルを用いて水を切ったり、湿気を取り除くために布団を干したりします。これら

は、力や熱といったエネルギーの受けとり方や、受けとったときの移動のしやすさが物によって異なる性質を利用していいます。ところで、不純物は取り除かれるばかりではありません。不純物を適量混ぜることで、純粋な状態より望ましい性質が得られることがあります。電子機器に使われている半導体は不純物が添加されることで性質の異なる半導体となり、様々な機能をもたらします。鉄は不純物を加えることで強度の強い様々な鋼になります。料理でいうと隠し味みたいなものです。このように、不純物というものは取り除くばかりではなく、その量を制御できることが重要であることが理解できると思います。

プラズマ中では、不純物は「取り除くべきもの」でしょうか。ここでの不純物は、水素などの燃料以外のもので、鉄や炭素、酸素、さらにはヘリウムといったものがあります。プラズマ中に不純物が入ってしまうと、プラズマ中のエネルギーが光となって放出され、プラズマの温度を下げてしまいます。また、燃料となる粒子の割合が下がってしまう（燃料が薄まってしまう）ので、プラズマの密度も減ってしまいます。このような理由から核融合においては、不純物は「取り除くべきもの」になります。核融合のために高い温度のプラズマを目指して、プラズマがよく閉じ込められる状態にすると、取り除きたい不純物までが閉じ込められてしまうことがしばしば観測されています。プラズマをよく閉じめることのできる状態でありながら、不要な不純物は吐き出されるような理想的な状態はないのでしょうか。

大型ヘリカル装置（LHD）では、そのような状態が観測されています。

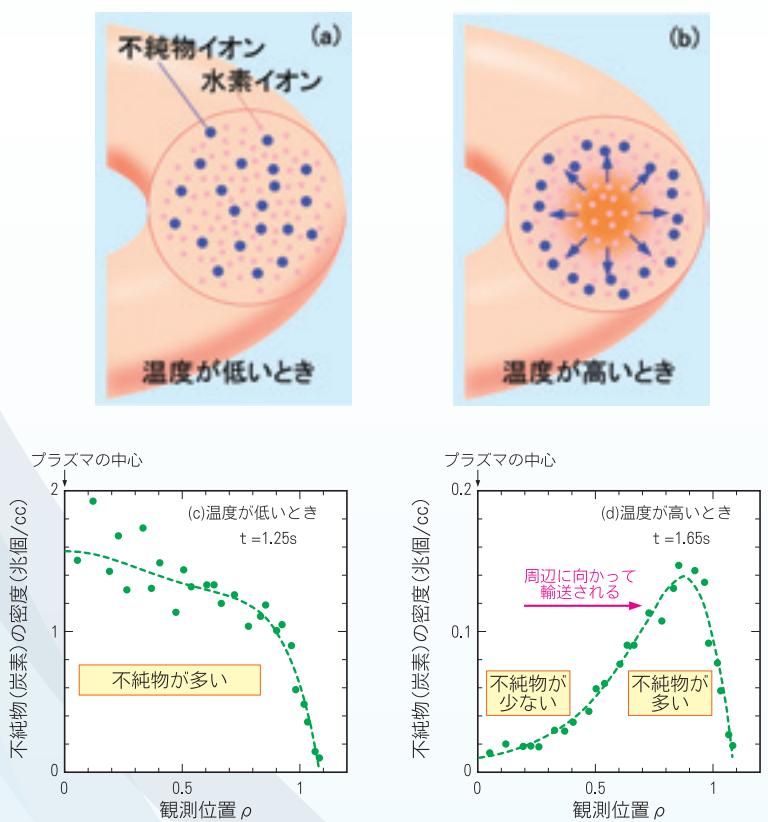


図1 (a)(b) 温度の高いプラズマを作ると不純物が外へ吐き出されていきます。中心に穴の開いた分布を「不純物ホール」と呼んでいます。(c)(d) 実際に観測された炭素不純物の分布。温度が高いときに、中心部の密度が大きく減少します。

閉じ込めをよくして高いイオン温度のプラズマを作ると、不純物がプラズマの中心部からすばやく吐き出されていきます。図1(a)は、環状であるLHDのプラズマの一部と、その断面に散らばる不純物の様子を簡単に描いたものです。不純物は、温度が低いときは中心部にもたくさん存在していますが、温度が高いときは、図1(b)に描きますように、周辺部に吐き出されてしまい、中心に穴の開いたような分布になります。そのため、このような不純物分布の状態を「不純物ホール」と呼んでいます。図1(c)、(d)は、実際に観測された不純物の密度分布です。観測位置が0の場所がプラズマの中心部で、1の場所がプラズマの周辺部です。温度が高いときには、中心部で、不純物の密度が大きく減少していることが分かります。

プラズマ中には種々の不純物が存在しますが、その種類によってもプラズマ中心部での密度の減少の度合いが異なることが分かってきました。図2は、高いイオン温度のプラズマ中で、中心部での不純物の密度が減少したときのヘリウム、炭素、ネオンの密度分布を観測したものです。ヘリウムより炭素、炭素よりネオンのほうがより中心の密度が減少し、周辺部と中心部における差が顕著になっています。これは力の受け方や移動のしやすさが、不純物の種類によって異なることを示しています。たとえば、ネオン、炭素、ヘリウムは、それぞれ電気を帯びている量が異なり、より大きな電気をもっているネオンには、より大きな電気的な力が働きます。そのため、この電気的な力がどのように作用して、不純物の輸送に影響を与えるのかをこれから研究で

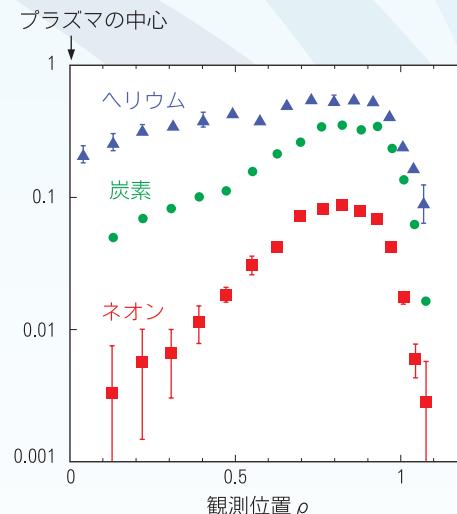


図2 ヘリウム、炭素、ネオンの密度分布です。種類によって密度の減少の様子が異なります。電気を帯びている量の大きなネオンが、中心部での密度の減少が顕著に現れています。

明らかにすることが必要になります。

ここで輸送という言葉がでてきましたが、これはある場所からある場所へ物質が運び送られていくことを表す言葉です。図3を見て想像してみてください。プラズマ中のそれぞれの位置で不純物の輸送を担当する人がいます。どんどん運ぶ人の場所は、輸送が大きい場所で、ひと休みしている人の場所は輸送が小さい場所になります。輸送が大きい場所では、荷物はたまらず、輸送の小さいところに荷物がたまります。その輸送が滞ると、そこに物がたまり山となります。受け渡せなくなると、その手前にどんどん物がたまっていくことになりますので、反対側に受け渡す人もいるでしょう。このようにして、プラズマ中には不純物の分布ができることがあります。不純物の輸送を担う人たちが、どのようなときにがんばって、どのようにどこにひと休みしたくなるのか、また、どちらに向かって運ぼうとするのかを理解することが、この不純物ホールの仕組みを明らかにするこにつながります。

不純物ホールは、まだまだ分からぬことが多い現象ですが、プラズマ中の不純物を上手に操るためにも、その仕組みを解明していくこう思います。

(高温プラズマ物理研究系 助教)

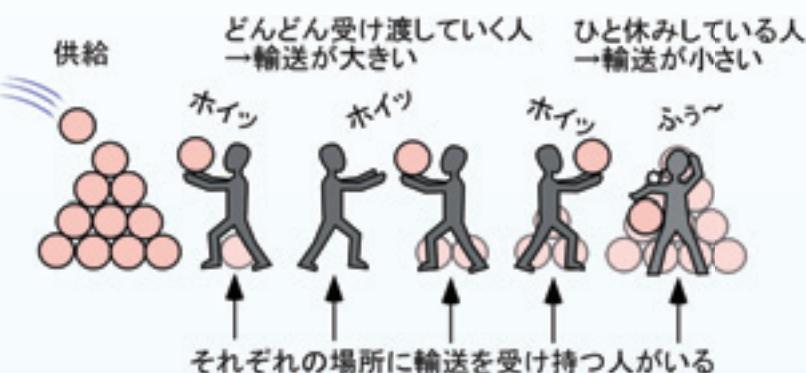


図3 輸送とは、ある場所からある場所へ物質が運ばれていくことを表します。それを担う人が、それぞれの場所に居て、その人たちの働き方によってさまざまな密度分布が形成されます。

総研大・核融合科学専攻「夏の体験入学」

長坂琢也

核融合科学研究所(以下「核融合研」)は、物理科学研究科・核融合科学専攻として、総合研究大学院大学(以下「総研大」)を構成しています。総研大とは、大学共同利用機関(核融合研もその一つ)ならではの優れた研究環境と人材を活用して、トップクラスの研究者を養成することを目的とした大学院です。核融合科学は、プラズマ理工学、原子物理学、電磁気学、機械工学、超伝導工学、材料工学、真空工学、シミュレーション科学など、様々な分野にまたがるので、どのような分野の学生でも受け入れ可能であり、その道のエキスパートが教員となって、世界最先端で活躍できる研究者を養成する体制が整っています。

しかし、新しい大学で学生定員や卒業生もまだ少ないとから知名度が低く、科学者を志望する学生の進路の選択肢として必ずしも認知されていません。そこで、まず核融合研と総研大を知ってもらうこと、そして核融合科学の研究者を目指す学生を発掘することを目的として、「夏の体験入学」が企画されています。今年は第7回目にあたり、8月23日から8月27日までの

5日間開催され、33名の学生が全国各地、北は宮城、南は鹿児島から参加しました(写真1)。33名のうち、大学生は23名、高専生は10名でした。大学生では学部3年生が、高専生では高専4年生が最も大きな割合を占めました。

体験入学の1日目は「核融合入門」と題し、核融合科学専攻の小森彰夫専攻長(核融合研所長)が講義を行いました(写真2)。「なぜ核融合エネルギーが必要か?」「その原理は?」「核融合研究の最前線とは?」など核融合科学の基礎を学びました。そして、様々な世界記録を出し続けている大型ヘリカル装置(LHD)や、シミュレーションに活用するスーパーコンピュータを見学しました。その後、懇親会で教員や在校生との交流を深めました。2~4日目の3日間は本企画の目玉となる研究体験です。体験入学生は、表1で示された研究課題のうちの一つに配属され、核融合科学の研究を体験します。各課題に1~4名の体験入学生が配属されるのに対し、それ以上の数の教員と補助者(在校生など)がついて研究の指導をします。学生よりも指導教員が多く、より密度の濃い指導ができるところが

実験課題
プラズマ計測のための重イオンビーム制御実験
核融合プラズマ研究における高エネルギー粒子計測
マイクロ波イメージングの基礎
磁場運動計測系を設計し、製作して、計測する。そして解析へ。
低放射化合金とプラズマの相互作用基礎実験
可搬型電力計測器を用いた電子サイクロトロン波の伝送効率評価
世界初! 高温超伝導ヘリカルコイルの製作と実験
高分子膜モジュールによるガス分離とその制御
赤外線カメラとヘリウムネオൺレーザーを用いた高温イメージングボロメーター用薄膜の感度および較正実験
分光器を作ってみよう
解析・シミュレーション課題
核融合プラズマからのスペクトル線解析
核融合磁場閉じ込めプラズマの平衡解析入門
実験データ処理入門
高温プラズマの電磁流体シミュレーション
トロイダルプラズマの輸送シミュレーション

表1 研究体験の課題一覧



写真1 小森専攻長を中心とした体験入学生と専攻教員・在校生との集合写真



写真2 講義の様子



写真3 研究体験の様子

総研大教育の大きなメリットであり、それと同様の環境で研究体験をします(写真3)。また、核融合研内にある宿舎で寝泊りをし、終日研究に没頭することで、研究者や、研究者の卵である総研大生の生活を体験します。世界最先端の研究をしますので、多くの研究は思うように進みません。しかし、これもまた研究人生の真実であり、良い経験となります。体験入学生、課題担当教員、補助者が一体となって試行錯誤し、少しづつ問題を解決していきます。5日目の最終日は、研究体験での成果をまとめた発表会であり、体験入学のクライマックスとなります(写真4)。研究発表は学会での発表スタイルを模擬して行われます。課題に配属された人数に応じて、発表が9~15分と、さらに質疑応答に3分が与えられます。研究体験の期間が短いために、必ずしも研究としてのまとまりを要求されるわけではありませんが、学会発表と同様に、時間内に発表

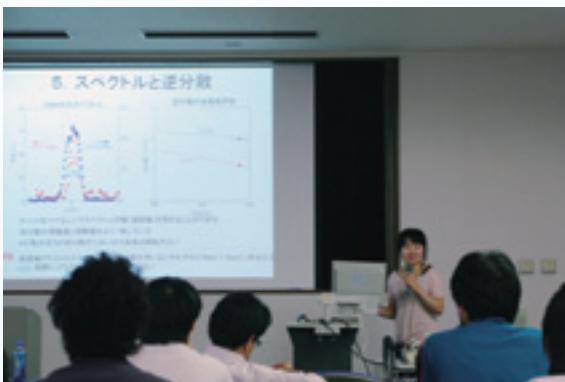


写真4 成果発表会

をまとめて、自分たちの話を聴衆に納得させる技術が問われます。どの課題も、一所懸命発表の準備と練習をしたことが伺えるとても良い発表でした。質疑応答では、体験入学生や総研大在校生による基礎的な質問から、最先端研究に関わる研究者のコメントまで、幅広い議論がなされ、大盛況でした。

「夏の体験入学」は7年目を迎え、これまでの経験から今年度はできるだけ研究体験の時間を多くとるようにスケジュールを組みました。また、配属された課題以外のほかの課題を見学する機会を設け、視野を広げられるようにしました。核融合科学は総合的な学問であり、どの分野の学生でも、自分の大学や高専での経験を生かして、研究者として活躍できることが分かっていただけたと思います。過去6回の参加者の中から実際に6名が総研大に入学しています。今年度のアンケートでも、「総研大に入学したくなった」と答えた学生が2名、「総研大入学を進路の選択肢として考える」と答えた学生が17名おり、核融合や総研大を知ってもらい、核融合科学に興味を持つてもらうという目的は達成されたと思います。この中から、これから核融合科学を背負い、そして核融合発電を実現に導く研究者が育ってくれることを大いに期待しています。

核融合システム研究系 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

Fusion フェスタ in Tokyo

竹 入 康 彦

去る7月24日(土)に、東京お台場にある日本科学未来館において、「Fusion フェスタ in Tokyo ~核融合はここまで来た! ヘリカルが切り拓く未来のエネルギー~」と題したイベントを核融合科学研究所が開催しました。最近の核融合研究の進展は著しく、夢から現実の目標に変わってきています。国際協力により建設中のイーター(ITER)という実験装置では、実際にプラズマを燃やす研究を目指しています。また、核融合科学研究所における大型ヘリカル装置(LHD)を始めとする核融合研究の進展も著しく、今世紀中頃には核融合発電の実現が期待できる段階に来ています。こうした状況の今、核融合に関連した様々な催しを行い、東京において核融合研究の現状を広く社会・国民に知っていただきため、本イベントを企画・開催しました。

当日は、核融合に関する連続講演会と様々な科学イベントを催しました。講演会では、NHK「サイエンスZERO」のキャスターである山田賢治アナウンサーに司会進行をお願いして、太陽と星のエネルギーの源である核融合の原理、LHDの成果と学術研究、シミュレーション科学の最前線、イーターの現状、将来のヘリカル型核融合発電所のしくみについての5件の講演が行われました。また、講演の合間には、高速インターネット回線を利用して、研究所の実況ライブ中継を行いました。LHDやその周辺装置、制御室



講演会の様子：講演者と司会者が会話をしながら行われました。



科学教室の様子：参加者は宙に浮く超伝導列車に見入っていました。

はもちろんのこと、LHDの真空容器内部も東京の講演会場のスクリーンに鮮明に映し出され、現地リポーターが会場の山田アナウンサーと会話しながら、臨場感あふれる紹介をしました。

科学イベントでは、ロボット工作、セラミック折り紙といった科学工作教室、磁気浮上超伝導列車、真空実験、プラズマ体験などの科学教室、様々なしくみで電気を作る科学実演教室等を催し、親子連れに好評でした。また、研究所とSSH(スーパーサイエンスハイスクール)活動を通じて交流のある都立科学技術高校からも参加していました。講演の合間に、高校生自らが製作した超伝導列車が実演され、来場者にその原理等を説明していました。

東京でこうしたイベントを開催するのは研究所として初めての試みだったのですが、当日は約1,000名の来場者があり、各企画とも好評でした。多くの来場者は核融合についてはほとんど知らなかったようで、今回のイベントに参加して、核融合やプラズマについて多少なりとも理解していただけたようでした。将来のエネルギー源としての核融合とその研究の重要性について広く社会・国民に知ってもらう、という今回のイベントの主旨をさらに生かし、こうした企画を今後も継続して進めて行くつもりです。

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

第23回国際低温技術会議および2010年国際低温材料会議の合同会議

山 田 修 一

2010年7月19日から23日までの日程で、第23回国際低温技術会議および2010年国際低温材料会議の合同会議がポーランド・ヴロツワフのヴロツワフ工科大学にて開催されました。本会議は隔年(西暦の偶数年)で世界各国にて開催される低温工学並びに低温材料に関する権威ある国際会議の一つで、今回は世界各国から約400名が参加しました。これまで日本からの参加者が多かったのですが、今回は中国とインドからの参加者が多かったのが象徴的でした。会議では約340件の発表が行われ、加速器並びに核融合装置用の冷凍機(約50件)、小型冷凍機(約60件)、超伝導材料並びにその応用(約50件)などに関する最新の研究成果についての報告がありました。核融合からは4名(総研大生1名を含む)が参加しました。筆者は「電力と水素燃料同時輸送システムの概念設計及び同ケーブル用MgB₂線の開発」という題目で口頭発表を行いました。

本会議では、低温工学、低温材料に著しく貢献した人に対してメンデルスゾーン賞が贈られます。今回も米国の国立高磁場研究所のSteven W. Van Sciver教授が受賞されました。彼の著書"Helium

Cryogenics"は大学院生を対象とした教科書で、低温工学関連の数多くの研究者がお世話になった本です。W. Kempinski教授による最初の基調講演では、超流動現象、熱伝導などについての理論的な説明を交えながら、超流動ヘリウムの生成が実演されました。30分と限られた時間の中での超流動ヘリウムの実演は見事でした(写真)。次回は、2012年5月14日から18日の日程で福岡市にて開催される予定です。

(装置工学・応用物理研究系 准教授)



W. Kempinski教授による超流動ヘリウム生成の実演と理論的説明を交えた基調講演

2010年超伝導応用会議

三 戸 利 行

超伝導応用会議は、米国にて隔年で開催される、超伝導応用に関する最も規模の大きい国際会議で、今回は2010年8月1日～6日に首都ワシントンDCで開催されました。会場のオムニ・ショアham・ホテルは歴代大統領の就任パーティの会場としても有名で、会議は歴史の重みを感じさせる雰囲気の中、朝8時から夜10時まで綿密に組まれたプログラムに沿って行われました。会議の参加者数は1624名、参加国は米国を筆頭に、日本、韓国、ドイツなど38カ国に達し、非常に盛会でした。

核融合科学研究所からは4名が参加し、「ピックアップコイルを用いたLHDヘリカルコイルの常伝導伝播領域の検出」及び「超伝導材料への高速中性子照射の影響」についての2件の口頭発表と8件のポスター発表を行いました。筆者は「次世代超伝導マグネットの冷却構造最適化による高性能化研究」に関する発表を行いました。最近は口頭発表する機会が多く、約10年ぶりのポスター発表でしたが、時間に制限されることなく、じっくりと説明・議論することができ、内容に賛同する意見・コメントも多くいただいて今後の研究の励みとすることができました。

会議冒頭の基調講演では、ドイツ・カールスルーエ工科大学のMathias Noe教授が高温超伝導の電力・産

業機器応用について最前線の研究状況を紹介しました。世界各国で実用化を目指した活発な研究開発が進められており、電力ケーブル、変圧器、モーターなどで着実な進展が得られていることが強く印象づけられました。また口頭発表3セッション、ポスター発表3セッションが核融合主体のセッションとして構成され、ITER、JT-60SAなどの超伝導機器の製作・試験が順調に進んでいることが報告されると共に、最新の研究データに基づいた活発な討議がなされていました。次回は2012年10月に西海岸のオレゴン州・ポートランドにて開催される予定です。

(連携研究統括主幹／装置工学・応用物理研究系 教授)



歴史の重みを感じさせる口頭発表の会場

TOPICS トピックス

平成22年度オープンキャンパス(一般公開)のご案内

平成22年11月6日(土)にオープンキャンパス(一般公開)を開催します。

発見、体験、プラズマエネルギー～海水からエネルギーを～

- 内 容
- 大型ヘリカル装置(LHD)見学ツアー
 - 公開講座(小学生／一般向け)
 - ホバーボット工作
 - おもしろ科学実験・工作「磁石で登る魔法?!の棒」
 - バーチャルリアリティー体験
 - プラズマくんとなかまたち
 - クイズラリー

など多数

○入場は無料です。当日は、JR多治見駅および土岐市駅
(下石バス停経由)から無料シャトルバスを運行します。

同 時 開 催

体験ザリガメワールドへようこそ (土岐川観察館主催)
有本尚紀プロによるテニス教室
(事前に申込が必要です。詳細は下記連絡先にお問い合わせください。)

NIFS杯少年サッカー交流大会

《連絡先》 自然科学研究機構 核融合科学研究所
オープンキャンパス実行委員会
〒509-5292 岐阜県土岐市下石町322-6
TEL: 0572-58-2222
URL: <http://www.nifs.ac.jp/welcome/2010/>

第20回国際土岐コンファレンスのお知らせ

第20回国際土岐コンファレンス(ITU20)を岐阜県土岐市のセラトピア土岐において平成22年12月7日(火)から10日(金)までの日程で開催します。国際土岐コンファレンスは核融合科学研究所が主催し、土岐市で開催している核融合とプラズマに関する国際会議です。今年は“*The Next Twenty Years in Plasma and Fusion Science*”(プラズマ・核融合科学の今後の20年)という主題で開催します。期間中の12月8日(水)には市民学術講演会も併せて開催します。詳細はウェブページ(<http://itc.nifs.ac.jp/>)をご覧ください。



プレスリリース

大型ヘリカル装置実験特集が米国原子力学会発行のフュージョンサイエンス&テクノロジー誌に組まれる

核融合科学の分野での有力学誌であるフュージョンサイエンス&テクノロジー誌(米国原子力学会発行)の2010年7/8月号において、核融合科学研究所が進める大型ヘリカル装置(LHD)の特集が組まれました。核融合科学研究所の創立20年を記念する意味でも企画されたこの特集では、LHDにおける12年間の成果が総ページ数600ページに及ぶ60編の論文によって解説されています。特に、定常核融合プラズマの研究を中心としてLHD実験グループが総力を結集して執筆した論文について、135人に上る国際的な研究者との論評を重ね、形となったものです。編集者からはこの特集号が机上から教室に至るまで、核融合コミュニティにとって長く続く価値を持ち、新しい世代の科学者や技術者を魅了し、教育することとなるであろうということ、LHDが大学共同利用機関の共同利用装置であり、世界的な装置を、学生を含めた共同研究者へ研究の場として提供していることも高く評価いただきました。今後もLHD実験計画では広くかつ深く研究を進めてまいります。

ビジターセンター開設のご案内

8月1日付けの管理部組織改編に伴い、これまで研究Ⅰ期棟3階にあったユーザーズオフィスを図書館棟1階に移動して、新たにビジターセンターとして開設しました。共同研究者の方々の旅費計算や研究員宿泊施設(ヘリコンクラブ)の宿泊手続き、研究所入構証の発行や交付に関する業務を行います。研究所へお越しの際は、お気軽に立ち寄りください。

なお、ビジターセンターの開設に伴い、広報室が研究Ⅰ期棟131号室へ移動しました。

ビジターセンター連絡先:

TEL: 0572-58-2076
e-mail: visitor-center@nifs.ac.jp



正面玄関って正面のガラス張りの部屋です。

市民学術講演会を開催

平成22年7月10日にセラミックパークMINOにおいて、「海と核融合 マグロからプラズマ発電まで」をテーマに市民学術講演会を開催しました。近隣の市民を中心に約180名が参加し、熱心に耳を傾けていました。

講演会の前半では、近畿大学水産研究所の村田修所長が、「クロマグロ養殖の現状について—完全養殖—」と題して、世界で初めて達成されたクロマグロの完全養殖までの道のりについて講演しました。マグロの漁獲制限に関しては、昨今、国際的な関心が高まっていますが、完全養殖の達成により、有限な海洋資源に負担をかけずにクロマグロを確保できるようになりますことが紹介されました。

後半は核融合科学研究所の小森彰夫所長が、「海から燃料！核融合プラズマ発電炉」と題して、海水から採ることができる核融合プラズマ発電炉の燃料に関する話題を軸に、核融合研究の現状と今後の展望について講演を行いました。



会場の様子

市民説明会を開催

平成22年8月2日から8月27日にかけて、土岐市、多治見市及び瑞浪市において、地球環境・エネルギー問題と核融合科学研究所の重水素実験計画について、市民説明会を開催しました。

説明会には土岐市9会場で296名、多治見市14会場で157名、瑞浪市1会場で19名の方にご参加いただき、地球環境・エネルギー問題からみた核融合研究の必要性と、大型ヘリカル装置(LHD)による重水素実験計画及び安全性について、研究所から説明を行いました。



会場の様子(鶴里公民館)

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.195 (2010年8,9月号)

〒509-5292 土岐市下石町322-6 TEL: 0572-58-2222 (代表)
<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F
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。

