

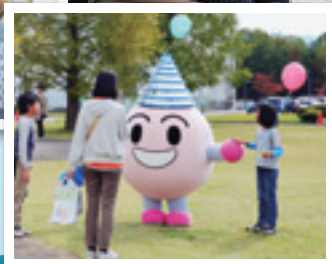
大学共同利用機関法人 自然科学研究機構
核融合科学研究所

NIFS NEWS

No.220



オープンキャンパスを
開催しました



2014
OCT/NOV

特 集 …… 2-3

2014年度核融合科学研究所オープンキャンパス(一般公開) 金子 修

研究最前線 …… 4-5

電磁波を可視化する ～透過ミリ波モニターの開発～ 高橋 裕己

会議報告 …… 6-7

第25回国際原子力機関・核融合エネルギー会議 居田 克巳

第28回核融合技術に関するシンポジウム 八木 重郎

第56回アメリカ物理学会プラズマ分科会 長谷川 裕記

トピックス …… 8

平成26年度防災訓練を実施

第16回日本表面科学会関西支部市民講座にて竹入教授が招待講演

平成26年度実験室内消火訓練を実施

2014年度核融合科学研究所オープンキャンパス(一般公開) 「プラズマがもたらす未来のエネルギー」 金子 修

恒例の核融合科学研究所のオープンキャンパス(一般公開)を、平成26年10月25日(土)に開催しました。当日はさわやかな秋晴れに恵まれ、満開のコスモスとともに、およそ二千名の方々をお迎えすることができました。今年は「プラズマがもたらす未来のエネルギー」をテーマとし、研究所で行っている最先端の研究を、一般の方々に分かりやすく知っていただくとともに、科学を身近に感じていただけるように数多くのイベントを用意しました。

来場者の皆さんが研究所の玄関から入っていただくと、「核融合ひろば」が開けています。そこには横幅6メートル、高さ6メートルの実物大核融合炉の断面図(の一部)が正面に飾られており、将来開発される核融合炉の大きさをまず実感していただけるようにしました。そしてそれを背景に、研究所紹介コーナー「核融合研ってどんなところ？」を設け、ミニレクチャー、パネル説明などで、



核融合ひろばでのミニレクチャー

核融合科学研究所が何を研究しており、その研究成果が将来どのような役に立つのかを、分かりやすくご説明しました。多くの方が足を止めて熱心に聞かれていきました。

「核融合ひろば」を右手に抜けると「高校生科学教室」があります。毎年、スーパーサイエンスハイスクールに採択された高校の生徒が自分たち

で行った研究成果を発表する場を提供していますが、今年は5校から10テーマが展示発表されました。一般の方に自分たちの研究成果を知ってもらうというのは、高校生にとっても貴重な体験です。「高校生科学教室」を後にして更に進むと「バーチャル館」に入ります。ここではスーパーコンピュータを直接見ることができるほか、「3次元バーチャルリアリティ(疑似体験)」によりコンピュータの計算結果を感覚的に体験できるコーナーがありま



バーチャルリアリティにびっくり

す。見学では入ることのできない大型ヘリカル装置(LHD)の中にも、バーチャルならいとも簡単に入ることができます。最近、3Dの映画が多くありますが、平面から物が飛び出てくる映画と違い、核融合研のバーチャルは、対象の中に自分が入り込めるのです。

このバーチャル館に向かう途中、左手から外に出ると、そこは「ペットボトルロケット発射場」です。真っ青な空に向け、子供たちが勢いよくロケットを飛ばしていました。また、バーチャル館1階フロアでは、ソファとテーブルと飲み物が用意された「サイエンスカフェ」があります。職員が講師を務め、得意とする科学のトピックスをしゃべり、それをネタにして参加者との会話が弾みました。

「バーチャル館」を抜けると「プラズマ館」が待っています。ここでは多彩なプラズマを目で見るこ



うまく作れるかな？ロボット工作

とができます。様々な色の光を出し、磁力でくねくねと動くプラズマの姿に多くの方が見とれていました。また、ここには毎年来場者が自分で作ることのできる「ロボット工作」工房があります。今年は自分で動き回る「昆虫ロボット」を作ってもらいました。

最後は「LHD館」ですが、その前に、向かう途中の右手には芝生の広場があり、研究所のマスコットである「プラズマくん」や下石陶磁器工業協同組合の「とっくりとっくん」そして初登場となる、道の駅「志野・織部」のキャラクター「志野田茶太郎」が広場で子供たちと遊んでくれました。また、研究所のオリジナル絵本を紙芝居風に読み聞かせるコーナーも初めて設けられました。遊んだ後は「うきうきヘリウム風船」がもらえ、子供たちは大喜びでした。今年は天気にも恵まれたため、屋外でのイベントも盛会でした。さらに、「LHD館」がある大型ヘリカル実験棟には展望室があり、眼下に多治見市内を一望できますが、今年は展望室



公開講座(第2部)を熱心に聴く皆さん

も開放し、天気にも恵まれた澄み切った眺めを楽しんでいただきました。そしていよいよ「LHD館」に入ります。そこではLHDの見学やセラミック折り紙の製作、様々な科学実験を見て、触れて、動かしていただきました。毎年好評の「磁気浮上列車(リニアモーターカー)」も、今年はここに配置しました。

さて、研究所の玄関を左手に向かうと「公開講座」の会場があります。例年2部構成で好評の公開講座ですが、第1部を子供さんにも分かりやすい内容の「はじめての核融合」、第2部を科学に関心のある方にも喜んでいただけるように「私たちの周りの元素と核融合の話」とし、核融合研の職員が講師を務めました。講演終了後の質問時間には、専門的な質問が子供さんから出たりして、答える講師をたじたじとさせていました。また、ここでは高校生科学研究室の研究口頭発表も行われました。展示とともに研究所の職員が審査を行い、その結果、口頭発表では「ペットボトルが奏でる音の研究」、展示発表では、「雪の結晶とトルネード」(いずれも名古屋市立向陽高校)が最優秀発表賞に選ばれ、小森彰夫所長から表彰状が手渡されました。

面白いイベントに溢れた所内8箇所には、核融合科学の面白さを体験しながら楽しく学べるクイズコーナーが設けられ、子供たちに親御さんと一緒に挑戦してもらいました。成績優秀者にはプラズマ博士認定証が授与され、今年は440名ものプラズマ博士が誕生しました。また、平行して屋外グラウンドでは、第13回NIFS杯少年サッカー交流大会が開催され、4つのトーナメントに分かれて15チームが熱戦を繰り広げ、ホワイトキッカーズが見事優勝しました。準優勝は多治見FCエスフェルソでした。

絶好の行楽日和にもかかわらず、子供からご年配の方まで数多くの方々にご来場いただき、誠にありがとうございました。お帰りには、研究所職員がこの日のために育てた4色の満開のコスモスを、感謝の気持ちを込めてプレゼントさせていただきました。研究所ではオープンキャンパスを毎年開催しています。来年も皆様お誘い合わせの上、足をお運びいただければ幸いです。

2014年度核融合科学研究所オープンキャンパス実行委員長
金子 修

電磁波を可視化する ～透過ミリ波モニターの開発～

高橋 裕 己

磁場に閉じ込められたプラズマは、磁力線に巻き付いてらせん運動をする性質があります。このらせん運動をサイクロトロン運動と呼びます。プラズマはとても温度が高いため、そのままでは容器に閉じ込めることはできませんが、プラズマが磁力線に巻き付いて運動することを利用して、高温のプラズマを容器に接触させずに、空中に浮いた状態で保持することができます。電子サイクロトロン共鳴加熱(ECH)は、電子のサイクロトロン運動の周波数(電子が磁力線を1秒間に旋回する回数)、または、その整数倍の周波数の強力なミリ波(波長がミリメートルの範囲の電磁波)をプラズマに入射し、ミリ波の作る電場の振動をプラズマ中の電子の旋回運動に共鳴させて、ミリ波のエネルギーを電子に与えることで加熱する方法です。通常、強い磁場でプラズマを閉じ込める核融合プラズマ実験装置では、周波数で数十から数百メガヘルツ(1ギガヘルツは1秒間に10億回の振動)、波長でいうと2ミリメートルから10ミリメートル程度のミリ波が使用されます。

核融合科学研究所の大型ヘリカル装置(LHD)では、プラズマを閉じ込める磁場の大きさに合わせて、77ギガヘルツと154ギガヘルツのミリ波を使用して、プラズマの生成や電子の加熱を行っています。ミリ波がプラズマに効率良く吸収される条件は、計算によってあらかじめ求めることはできますが、実際の実験ではプラズマの温度や密度の影響でミリ波の進行方向が曲げられたり、最適な偏波の向き(波の振動の向き)が変わったりしてしまい、ミリ波がプラズマに十分に吸収されなくなります。従って、ECHによって効果的なプラズマ加熱を行うためには、プラズマ中でミリ波がどれくらい曲がるのか、最適な偏波の向きがどれくらい変化するかを明らかにする必要があります。

プラズマに吸収されなかったミリ波は、プラズマをすり抜けて進んでいきますので、ミリ波の進

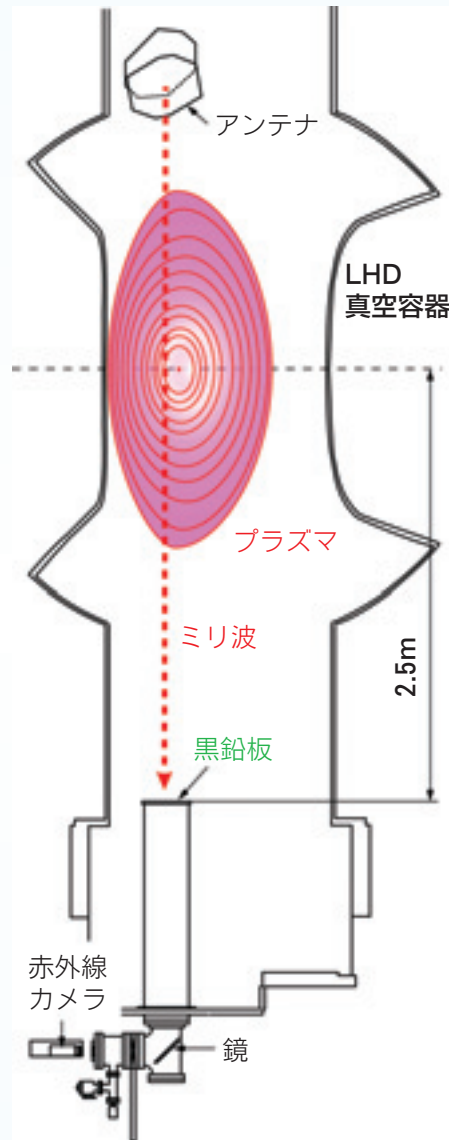


図1 透過ミリ波計測システム。プラズマを通り抜けたミリ波は黒鉛板に照射されます。

行方向の先に、ミリ波を吸収しやすいターゲットを設置しておくことで、プラズマに吸収されずに透過してきたミリ波を測定することができます。本研究では直径約36cm、厚み0.5cmの黒鉛製の円盤をLHD内部に設置して、透過ミリ波の計測を行

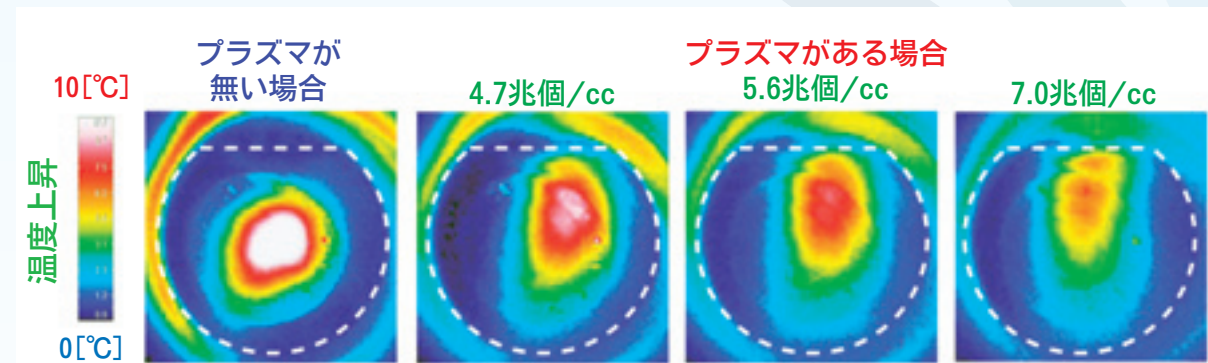


図2 プラズマを透過したミリ波の計測例。プラズマの密度が増加するとプラズマに吸収されるミリ波の電力が大きくなるので、透過波による黒鉛板の温度上昇が小さくなっています。また、プラズマ中でのミリ波の進行方向の曲がり方が変わり、透過ミリ波の分布や照射位置が複雑に変化しています。

いました(図1)。プラズマを透過してきたミリ波が黒鉛板に当たることによって、黒鉛板が温められます。透過ミリ波が当たる面の反対側の温度上昇を赤外線カメラで測定することによって、ミリ波がプラズマによってどれくらい曲げられたのか、ミリ波の電力がどれくらいプラズマに吸収されたのかを調べることができます。赤外線カメラを用いた計測例を図2に示します。図中で白の点線で囲まれている部分がミリ波ターゲットの黒鉛板です。プラズマの密度上昇に伴って、黒鉛板の温度上昇が小さくなっていることから、プラズマへのミリ波吸収が増加していることが分かります。また、プラズマ中でミリ波の進行方向が曲がることに応じて、透過ミリ波の分布や照射位置が複雑に変化していくことが分かりました。

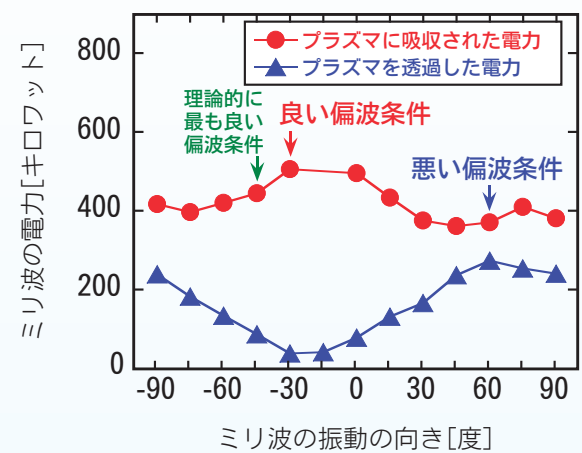


図3 プラズマに吸収されたミリ波電力と透過したミリ波電力の偏波依存性。適切な偏波の条件ではプラズマへの吸収電力が大きくなるので、透過してくるミリ波の電力は小さくなります。

さて、先述のとおり、ECHでプラズマを加熱するためには電子のサイクロトロン運動の旋回の向きと、入射するミリ波の偏波の向きを適切に合わせなければいけません。透過ミリ波計測システムを使用して、プラズマに吸収されたミリ波とプラズマを透過したミリ波の電力収支を調べた一例を図3に示します。ミリ波の偏波が最適な条件でプラズマに入射されると、ミリ波の電力の大部分がプラズマに吸収されるため、透過するミリ波の電力は小さくなりますが、逆に偏波が適切でなければプラズマへの吸収電力が小さく、透過してくるミリ波の電力が大きくなることが分かります。また、この時の実験では、最もミリ波の吸収が良い偏波条件は、理論的に予測される値から15度程度のずれがあることが分かりました。プラズマを透過した波の電力は、プラズマに吸収されなかった無駄な電力と言えます。ミリ波を用いて効果的にプラズマを加熱するためには、いかにこの無駄な電力を少なくするかがカギであり、透過ミリ波の直接計測はそのための有用な手段です。

透過ミリ波計測で得られた知見は、ECHによるプラズマ加熱モデルに反映させることで、ミリ波がプラズマ中のどの位置を加熱しているのか、どのような条件でミリ波を入射すればプラズマへの吸収電力が大きくなるのかを、より高い精度で評価することができるようになります。これによって、ECHを用いたプラズマ制御の高精度化や、より高い電子温度のプラズマの実現が期待されます。

(プラズマ加熱物理研究系 助教)

第25回国際原子力機関・核融合エネルギー会議

居田 克巳

第25回国際原子力機関・核融合エネルギー会議 (IAEA-FEC2014)が、2014年10月13日から18日の6日間、ロシアのサンクトペテルブルグのパークインホテルにて開催されました。サンクトペテルブルグはロシア西部の都市で、レニングラード州の州都です。かつてはロシア帝国の首都であり、歴史遺産が数多く残っています。

本会議は国際原子力機関(IAEA)が主催して隔年で開催される、核融合に関する最大の会議です。今年は第25回目にあたり、参加国43、発表論文数約650(そのうち口頭発表111件)という大規模なものでした。今回、国際情勢の影響を受け、残念ながら米国の国立研究機関(ローレンスリバモア国立研究所、オークリッジ国立研究所、プリンストンプラズマ物理研究所など)からの参加が急遽キャンセルとなりました。

核融合科学研究所(NIFS)からは38名の参加があり、共同研究者の発表と合わせて32件の発表(口頭発表11件、ポスター発表21件)がありました。発表内容は大型ヘリカル装置(LHD)での実験、理論、シミュレーション、炉工学と多岐にわたり、本研究所の核融合研究への貢献度の高さを示すことができました。会議の初日には、前NIFS所長の本島修ITER機構長が国際熱核融合実験炉(ITER)の進捗状況を紹介しました。その後、大型トカマク装置であるJET(英国)、DIII-D(米国)、ASDEX-U装置(ドイツ)の発表に続いて、筆者が「大型ヘリカル装置における輸送と磁気流体力学不安定性研究と磁場トポロジーの影響」

というタイトルで、最近のLHDの研究成果について発表を行いました。2日目には小林政弘准教授が「ダイバータ/SOL輸送に対する周辺磁場構造の3次元効果」と題するオーバービュー講演を行い、磁場の3次元性に関する国際研究動向において、ヘリカル系が大きな役割を果たしていることを示しました。

最終日の午後にはサマリーセッションがあり、5件の発表において各分野のトピックスが総括されました。理論分野においては、本研究所の共同研究者である京都大学の福山淳教授がサマリーを行いました。

次回は2016年10月17日から22日に京都で開催される予定です。

(高温プラズマ物理研究系 教授)



写真1 筆者によるオーバービュー講演の様子



写真2 本島ITER機構長によるオーバービュー講演の様子

第28回核融合技術に関するシンポジウム

八木 重郎

2014年の9月29日から10月3日にかけて、スペインのサン・セバスチャンにおいて、核融合技術に関するシンポジウム(Symposium on Fusion Technology: SOFT)が開催されました。欧州が中心となり隔年で開催される本会議は、各日最初のセッションが国際・各国の大型プロジェクトの進捗やロードマップに関する講演で始まり、口頭セッションや全700件程度発表のあったポスターセッションでは、プラズマ制御、炉設計研究、機器開発、材料研究、安全性、環境影響等々、核融合に関連する幅広いテーマで発表が行われました。参加者は1,013人でドイツ・スペイン・フランス・イタリアから各100人以上、日本からは89人が参加し、うち核融合科学研究所(NIFS)からの参加は総合研究大学院大学(総研大)を含めて8人でした。筆者は、チタン粉末混合によるフッ化物溶融塩の実効的水素溶解度の制御についてポスター発表を行いました。他のNIFSからの参加者のうち、齋藤健二准教授がプラズマ加熱・制御分野で、菱沼良光准教授と濱口真司助教がマグネット分野で、長坂琢也准教授と総研大の付海英さんが材料分野で、田村仁准教授が炉内機器分野

で、いずれもポスター発表を行いました。

サン・セバスチャンは美食の町として有名であり、会場の徒歩圏内にもバルが多数あったため、昼食時には多くの参加者がピンチョスなどを楽しんでいる姿が見られました。次回はチェコ共和国のプラハにて、2016年9月5日から9日の日程で開催が予定されています。

(核融合システム研究系 助教)



会場のKursaal Congress Center

第56回アメリカ物理学会プラズマ分科会

長谷川 裕 記

2014年10月27日から31日までの5日間、米国ルイジアナ州ニューオーリンズのニューオーリンズマリOTTホテルにおいて、第56回アメリカ物理学会プラズマ分科会(APS-DPP)が開催されました。ニューオーリンズは、米国南部、ミシシッピ川がメキシコ湾に注ぐ河口を擁するルイジアナ州における最大の都市で、ジャズ発祥の地としても有名です。APS-DPPは、例年、千件を超える発表がある大きな会議で、今回は、およそ1,700件の発表がありました。その内訳は、約100件の招待講演、約600件の口頭発表、そして、約1,000件のポスター発表となっています。核融合科学研究所からは、総合研究大学院大学(総研大)の学生2名を含め、14名が参加しました。招待講演では、居田克巳教授がDIII-D(米国のトカマク型装置)と大型ヘリカル装置(LHD)における入れ子状と網状磁気島との遷移の観測について発表し、聴衆から高い関心が寄せられていました。筆者は、核融合科学研究所のスーパーコンピュータ「プラズマシミュレータ」を用いて計算した、プラズマブロップ輸送現象(NIFSニュース219号5ページ(研究最前線)参照)の3次元粒子シミュレーションについてポスター発表を行い、この分野の著名な研究者らに研究の成果を説明することができました。また、本会議では、プラズマ物理分野に大きく貢献した研

究者に、マックスウェル賞が毎年授与されます。今年は、陽電子プラズマ実験の技術発展に貢献されたカリフォルニア大学サンディエゴ校のClifford M. Surko教授が受賞され、「実験室における反物質プラズマ」と題した受賞記念講演を行いました。その他にも、毎朝8時から行われるレビュー講演では、米国国立点火施設におけるレーザー核融合研究の現状、球状トラス磁場閉じ込め装置による研究の進展、ダイナモ機構、レーザー実験における諸技術の進展といった様々な分野の話題が取り上げられました。次回は、2015年11月16日から20日の日程で、ジョージア州サバンナにおいて開催される予定です。

(基礎物理シミュレーション研究系 助教)



ポスター発表会場の様子

平成26年度防災訓練を実施

核融合科学研究所では、平成26年10月28日に、土岐市南消防署の協力を得て防災訓練を実施しました。今年度の防災訓練は、震度6弱の大地震が発生し、研究所構内の食堂厨房で、負傷者が発生・出火したという想定で行われ、職員や学生など252名が参加しました。

今回の訓練は、地震等の災害時に対応する自衛消防隊を2部隊に分けた組織体制で実施しました。自衛消防隊の班員は、研究棟や管理・福利棟などを担当する「本部隊」と、大型ヘリカル実験棟などの実験施設を担当する「地区隊」に分かれ、緊急車両の誘導、電気やガスの状況確認、実験設備の安全確認等の活動を迅速に行いました。また、班員以外の所員は、研究所の構内2カ所に設置された避難場所へ速やかに避難しました。

負傷者の搬出、火災の鎮火、所員の安否確認が完了した後、土岐市南消防署による高所作業車を用いた救出活動の実演や、所員による消火栓と消火器の取扱い訓練が行われました。土岐市南消防署からは、「整然とした避難ができていた。有事の際は、火災によって発生する有毒ガスに注意しながら、パニックを起こさないよう、今回の訓練のように冷静に行動することが重要」との講評がありました。



高所作業車による救出活動の実演



所員による消火器訓練

第16回日本表面科学会関西支部 市民講座にて竹入教授が招待講演

平成26年11月2日に、くにびきメッセ(鳥根県松江市)で開催された第16回日本表面科学会関西支部市民講座「省エネ技術と未来エネルギーへの期待―皆で考えるエネルギー問題―」において、竹入康彦教授が「太陽のエネルギー・核融合の実現を目指して」というタイトルで講演を行いました。この市民講座は、第7回表面科学国際学会(The 7th International Symposium on Surface Science: ISSS-7)の市民チュートリアルを兼ねて、公益社団法人日本表面科学会関西支部が主催しました。講演では、核融合発電を実現する必要性や、核融合発電の仕組み、実現に向けた見通しなどについて、分かりやすく解説しました。



平成26年度実験室内消火訓練を実施

核融合科学研究所では、毎年、大型ヘリカル装置(LHD)のプラズマ実験期間中に、消火訓練を実施しています。今年の訓練は、プラズマ実験の第2週目にあたる平成26年11月11日(火)から11月14日(金)にかけて、毎朝9時15分から行いました。後半の2日間の訓練は、2016年度から実施が予定されている重水素実験を想定して行われ、各日とも70名を超える実験関係者が参加しました。

訓練は、プラズマ実験中に本体室内のLHD上部のコイルから出火したとして、火災報知器を模擬発報させて開始しました。制御室では、実験責任者の指示により、安全確保や装置停止など非常時の措置が取られるとともに、緊急連絡体制に従った関係部署への模擬連絡が行われました。本体室では、職員で構成した自衛消防隊の隊員が、制御室からの指示により、模擬出火現場での初期消火活動やLHD関係装置の状況確認などを迅速に行いました。一連の対応状況は制御室に掲示されたチェックシートに集約され、訓練終了後にはミーティングを行って、非常時の指示系統や状況確認の手順などについて改めて確認しました。



炭酸ガス消火器による初期消火活動を行う自衛消防隊隊員



訓練後のミーティングでチェックシートを参考に非常時の対応を再確認



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.220(2014年10, 11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。