

ISSN 1884-1600

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.198



2011
FEB/MAR

研究最前線 2 - 5

酸化物分散強化鋼(ODS鋼)による核融合炉ブランケットの高温化 李 艷芬
室賀 健夫

分光計測による電子密度評価と不純物分布の研究 村上 泉

特 集 6 - 8

学術機関リポジトリの構築と運用 力石 浩孝
平成22年度総合研究大学院大学アジア冬の学校(AWS2010) 石黒 静児

速 報 9

LHD用ジャイロトロンの高出力運転とプラズマ電子温度 2億3000万度の達成 高橋 裕己

トピックス 10

国際学術交流協定の締結
健康づくり講演会
高校生職場体験

酸化物分散強化鋼(ODS鋼)による核融合炉ブランケットの高温化

リヤン・フェン
李艶芬・室賀健夫

核融合炉のブランケットは、熱エネルギーを取り出し、燃料を増殖する重要な機器です。その構造強度を維持するために、高温で充分な強度を有し、中性子の照射を受けても特性が大きく劣化せず、短期間で誘導放射能が減衰する(低放射化特性)材料開発について紹介します。これまで、誘導放射能の高い元素を取り除いた鉄鋼材(低放射化フェライト鋼:Reduced Activation Ferritic/Martensitic Steel, RAFM鋼)がブランケットの候補合金として開発され、特性試験が進められてきました。しかし、発電プラント効率を上げるためにブランケットは高温で運転する方が望ましいのですが、RAFM鋼は使用温度が550°Cを超えると急激に強度が低下し、高温化の障害となっていました。

RAFM鋼の使用温度の限界を決めるのは、低い荷重でも高温長時間で変形が進む「熱クリープ」現象です。RAFM鋼の熱クリープを抑えるため、さまざまな熱処理や機械加工条件を変えた試験が行われてきましたが、その改良の余地は限られています。これに対して、RAFM鋼の中にナノサイズ(1ミリメートルの10万~100万分の1)

の微小な酸化物粒子(ナノ粒子)を高い密度で分散することにより、硬度を上げ変形しにくくする改良した鋼材(酸化物分散強化鋼:Oxide Dispersion Strengthened Steel, ODS鋼)の試作研究が進みつつあり、将来の高効率ブランケット構造材の候補として期待されています。

これまでのRAFM鋼は、鉄に9%程度のクロム(Cr)と1~2%程度のタンクステン(W)等を加えたものですが、ODS鋼としては、同様の組成のものと、クロムを15%程度まで上げてさらに硬度を上げたものが検討されています。

核融合科学研究所では、京都大学や北海道大学などと共同で、2009年に9%クロムを含むODS鋼(9Cr-ODS鋼)を製作し、高温引張り強度と熱クリープ変形の評価を進めています。

一般の鉄鋼材は原料を溶解することによって作りますが、ODS鋼は、図1に示すようなメカニカルアロイング(MA)法という方法を用います。これは、①0.2~0.3mmの鉄、クロム等の原料粉末に、ナノサイズのイットリア(Y₂O₃)という酸化物粒子を混ぜ、②硬いボールを含んだ回転容器で混合成粉し、③キャプセルに詰めて高温

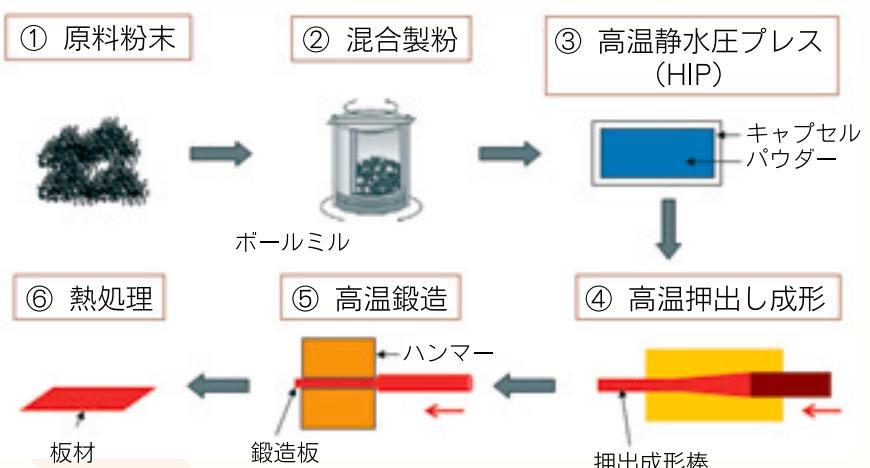


図1 酸化物分散強化鋼のメカニカルアロイング(MA)法による製作手順

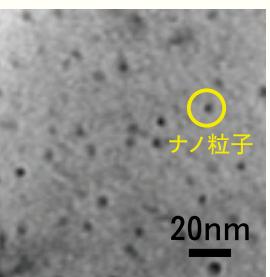


図2 9Cr-ODS鋼の電子顕微鏡による微細組織。イットリアのナノサイズ粒子が分散している。(1 nmは、1ミリメートルの100万分の1の長さ)

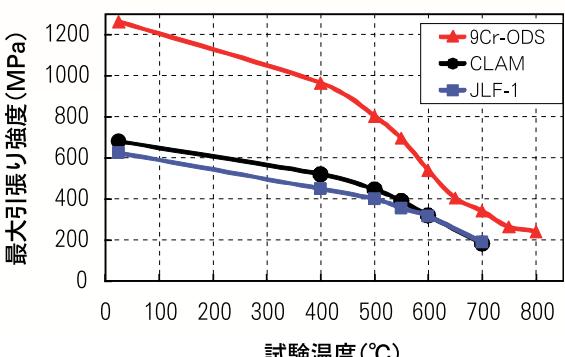


図3 9Cr-ODS鋼とRAFM鋼(CLAMおよびJLF-1)の最大引張り強度の試験温度依存性。MPaは圧力、応力の単位で、1 MPaはほぼ10気圧に相当する。

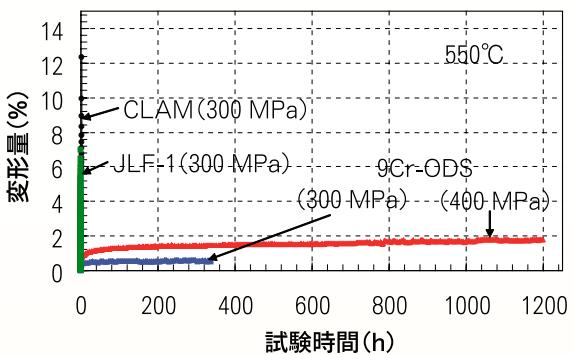


図4 9Cr-ODS鋼とRAFM鋼(CLAMおよびJLF-1)の550°C、300 MPaまたは400 MPaの荷重における熱クリープ変形

で静水圧プレス(Hot Isostatic Press, HIP)焼結し、④高温押出し成形、⑤高温ハンマー成形(鍛造)を行い、⑥最終熱処理を施す方法です。これにより、材料中にナノ粒子が高い密度で一様に分散されます。図2は電子顕微鏡で見た9Cr-ODS鋼の微細組織で、ナノ粒子が一面に分散している様子が分かります。

この材料の高温引張り特性と熱クリープ特性をRAFM鋼の候補材のJLF-1(日本の大学の協力により開発したFe-9Cr-2W鋼)、CLAM(中国のFe-9Cr-1.5W鋼)と比較しました。図3は、引張り試験で得られる最大引張り強度(UTS)の試験温度依存性を示します。設計に依存しますが、一般にブランケット構造材としては、UTSは300~400MPa(3000~4000気圧)が必要とされています。図3より、その強度を満たす温度限界は、RAFM鋼に比べ、9Cr-ODS鋼は100~150°C高温になることが分かります。

熱クリープ変形を求めた試験結果の例を図4に示します。550°C、300MPa(3000気圧)の荷重で、RAFMは急速に変形し、破断に至りますが、9Cr-ODS鋼は300~400MPaの荷重で、長時間にわたって1~2%程度の変形に収まります。温度と荷重を系統的に変化させた実験結果の解析により、熱クリープの観点からも、9Cr-ODS鋼は、RAFM鋼より100~150°C高温まで使用できることが明らかになっています。図4では、9Cr-ODS鋼は、破断前に試験を終了しています。

このように、ODS鋼の利用によりブランケットの高温化の可能性が高まることが分かりました。ODS鋼には、大量製造技術開発、強度特性の異方性の改善などの課題があり、当面はブランケット構造体全部をODS鋼で作るよりも、温度の高い一部分をRAFM鋼に代えて使うことにより使用温度を高めることが主に検討されています。ODS鋼は、現在、高速炉の燃料被覆管材としての研究開発も行われています。これ等との技術協力による効率的な研究開発を進めていくことが大切です。

なお、ナノ粒子分散による高温強度と耐熱クリープ特性の向上は、低放射化バナジウム合金においても可能で、核融合科学研究所では、イットリア、炭化チタンや炭化シリコン等の粒子分散による強化研究を、東北大学、愛媛大学、中国西南物理研究院等との共同研究で進めています。

(李艶芬:核融合システム研究系 COE研究員)
(室賀健夫:核融合システム研究系 研究主幹 教授)

分光計測による電子密度評価と不純物分布の研究

村上 泉

大型ヘリカル装置(LHD)で実験しているプラズマは、その大部分が水素ガスを電離してでてきた水素イオン(つまりは陽子)と電子からできていますが、その中に、それ以外の元素のイオンが微量含まれていて、不純物といわれています。その不純物は、プラズマを閉じ込める容器などの壁にプラズマがぶつかって壁の材料から出てくる鉄や炭素、容器の壁の中に取り込まれていた大気中の酸素、あるいはプラズマの状態を調べたり多価イオン研究などのためにわざわざ中に入れるヘリウムやアルゴン、ネオンなどのガスや金属元素などです。これらの不純物は、量が少なければ問題はないのですが、プラズマのエネルギーの一部を光に変換して放出し、プラズマを冷やしてしまう性質があるため、プラズマの中心では多くあっては困ります。一方、その性質を逆に利用してプラズマの周辺部分を冷やして壁を保護するために不純物ガスを入れることもあります。不純物がプラズマ中でどのように分布しているか、どのように振舞っているかを調べることは、高い温度のプラズマを生成して保持するために必要となります。

プラズマ中の不純物を調べるための一つの方法として、プラズマ分光があります。不純物が発する光を、その光の波長(エネルギー)ごとに分解して強さを測る分光計測をすると、不純物が出す固有の波長の光、スペクトル線を調べることができます。これを用いると、強度比から電子

密度を見積もることができます(図3)。一方、電子密度は、ほかの方法を使って分布が計測されています。その分布と、先ほど強度比から見積もった電子密度を使うと、鉄イオンが光っている場所を見積もることができます(図4)。その場所の時間変化を見ると、この鉄イオンは、鉄ペレットの溶けた場所付近に初め現れ、しばらくその場にとどまつた後、周辺方向へ移動したことがわかりました。図5にその様子を概略で表しました。分光計測だけでは、計測した方向のどの場所で鉄イオンが光っているかはわかりませんが、モデルやほかの計測結果を組み合わせて使うことにより、鉄イオンの場所や動きを見積もることができます。不純物である鉄イオンが、なぜそのような振る舞いをするかは、輸送過程というプラズマの問題をさらに考える必要があり、更なる研究が必要です。

さて、このような研究方法では、分光モデルが解析する上でポイントとなってきます。モデルに使われる原子データの精度とモデル自身の精度が良いことが求められます。モデルに使われるたくさんの原子データを評価することが大切です。原子分子データの収集や評価といった原子分子データベース活動は、非常に地味ではありますか、いろいろな分野への応用が可能な基礎的

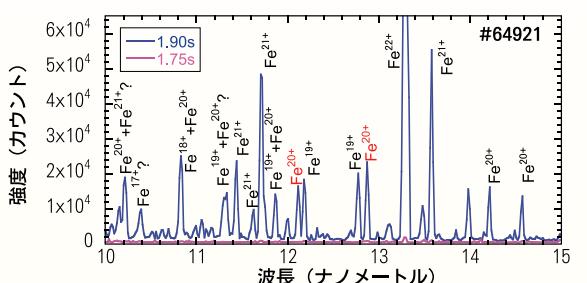


図1 鉄ペレット入射(1.8秒)の前(1.75秒、紫線)と、後(1.90秒、青線)の極端紫外スペクトル。入射後、いろいろな価数の鉄イオンからのスペクトル線が見えています(ラベルをつけていないスペクトル線は未定です)。このなかの12.1ナノメートルと12.8ナノメートルの波長の2本の20価の鉄イオンのスペクトル線(赤字)の強度比を調べました。

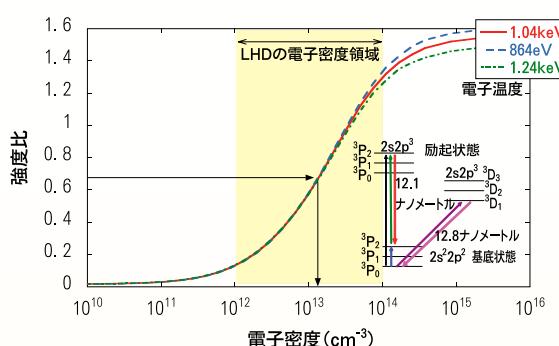


図2 強度比の電子密度依存性。LHDプラズマではちょうど、変化しているあたりの電子密度に相当し、この領域では、電子温度による違いはほとんどありません。この依存性を使い、強度比から電子密度を求めることができます。図中右下に、20価の鉄イオンのエネルギー準位の模式図を示します。測定した2本のスペクトル線のうち、12.1ナノメートルのスペクトル線(赤)の強度は、主に、電子密度依存性が強い基底状態の微細構造レベル間の電子衝突起過程(青矢印)とそこからの電子衝突起過程(緑矢印)によって決まりますが、12.8ナノメートルのスペクトル線(ピンク)のほうは、直接基底状態からの電子衝突起過程(紫矢印)によってスペクトル線強度が主に決まるため、それぞれのスペクトル線強度の電子密度依存性が異なっています。そのため、強度比に電子密度依存性が現れます。

なデータを提供する重要な研究活動です。このような活動によって整備されたNIFSの原子分子データベースは<http://dbshino.nifs.ac.jp/>で公開されており、研究所内外の様々な研究者に利用頂いています。

(核融合システム研究系 教授)

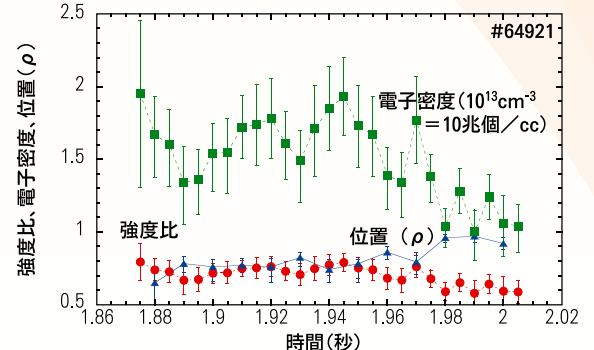


図3 分光計測で得られた鉄20価イオンからのスペクトル線の強度比の時間変化(●)、モデルを使って見積もった電子密度の時間変化(■)、図4のように電子密度分布と比較して見積もった鉄イオンの場所(プラズマ中心からの位置)(▲)。

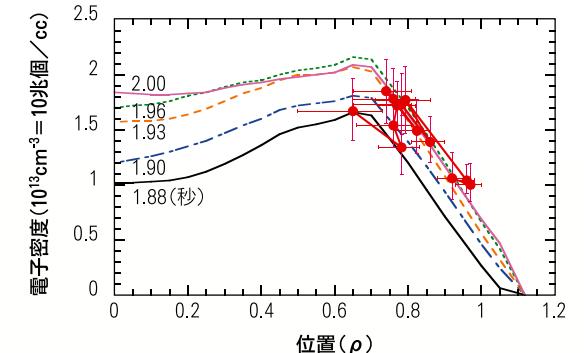


図4 遠赤外干渉計で計測した電子密度分布と、スペクトル線強度比を使って見積もった電子密度を比較し、鉄20価イオンの場所(●)を推定しました。

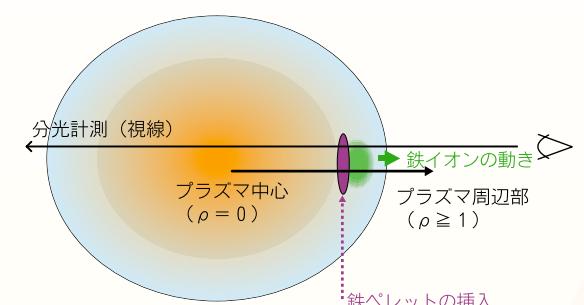


図5 実験の様子の概略。プラズマに鉄ペレットが入ると、溶けてガス状(紫楕円)になり、電離して鉄イオン(緑)が現れます。図3のように分光計測を解析し、電子密度分布(図4)と比較することにより、20価の鉄イオン(図4の●)は時間とともに周辺部へ移動していくことがわかりました。

学術機関リポジトリの構築と運用

力 石 浩 孝

学術機関リポジトリって何？

「学術機関リポジトリ」、最近では新聞でも取り上げられることもありますが、あまりなじみのない言葉だと思います。ひとことで言うと、「大学および研究機関で生みだされた知的生産物を捕捉し、保存し、原則的に無償で発信するためのインターネット上の保存書庫」となるのですが、これだけでは「何のことやら」になってしまいそうです。

リポジトリ(repository)という言葉を英和辞書で引くと、1. 倉庫 2. 天然資源・知識・情報の宝庫 3. 展示場、ショールーム、等と出てきます。つまり、「大切な物を保管、陳列する場所」という意味合いの言葉です。ですから、「学術機関リポジトリ」は、「学術的に大切なものを研究機関ごとに保管し展示するところ」ということになります。

大学や研究所では、教育や研究をしていく過程で数多くの研究成果が生まれます。これらの成果は、研究者がまとめて論文にしたり、研究報告書として出版したりして世の中に出でてきました。

核融合科学研究所(核融合研)でも様々な学術雑誌や国際会議などで研究成果を報告したり、概要を毎年の英文年報にまとめて出版していますが、それを読むには雑誌を購読したり所蔵している図書館に出向く必要があります。

そこで、研究成果(他の研究機関との共同研究による成果も含みます)を研究者の所属機関が責任をもって取りまとめ、インターネットを通じて無償で一般に公開しよう、というのが「学術機関リポジトリ」です。これを使えば、研究者のみならず、一般の人達も容易にその研究成果、それも現物の論文そのものを見ることができます。

現在、国内では130機関、国外では1700機関以

上の大学や研究所で学術機関リポジトリが公開運用されています。これら国内外に多数ある機関リポジトリの情報を一度に検索できるような仕組みも出来上がっています。

核融合研での取り組み

学術機関リポジトリは、大学では付属図書館が中心になって構築、運用されている場合が多いようです。これに対して核融合研では評価情報室が中心となり、図書・出版委員会、図書室、アーカイブ室、広報部との協力の下に作業をすすめてきました。核融合研では、研究報告書を評価情報室が出版していること、後に説明する「論文情報システム(NAIS)」を運用していく研究論文の情報が集約されること等、機関リポジトリを運用する部署として適しているという理由がありました。

しかしながら、いざ学術機関リポジトリを構築しようとすると、どのような資料を掲載するか、研究成果の掲載方法、その時の手続きはどうするか、といった運用に関する事柄や、どんな計算機システムやソフトが必要か、掲載する発表論文の著作権の処理等、様々な課題が出てきました。

そこで、まず最初に、学術機関リポジトリの準備チームを立ち上げ、国立情報学研究所主催のリポジトリ研修(平成19年学術ポータル研修会)やセミナーに参加したり、先行して学術機関リポジトリを運用している大学図書館を訪れて説明を受けたりしました。

そこで学んだことを基にして、機関リポジトリの運用練習のための計算機システムを立ち上げ、同時に、核融合研内の研究者を対象にした説明資料を用いて、所内の関係する委員会および各研究グループのミーティングで学術機関リポジトリの説明をする等、学術機関リポジトリ

実現に向けての準備を行いました。

このような準備期間の後に、平成20年度に図書・出版委員会において核融合研の機関リポジトリ(NIFSリポジトリ)のルールとなる、運用指針と要項を作成し、平成20年度末にNIFSリポジトリの公開運用(<http://nifs-repository.nifs.ac.jp>)を始めました。

核融合研の学術機関リポジトリの特徴

学術機関リポジトリを実際に構築していくと、総合大学と核融合研では色々な違いがあることに気づきます。

まず最初に、核融合研での研究は大型ヘリカル装置(LHD)などのプロジェクト研究が中心になっています。このようなプロジェクト研究では、研究成果はそれぞれの研究者の成果であると同時にプロジェクトの成果である、という性質ももっています。このため、研究成果を発表するときには、発表内容に関してあらかじめ研究グループ内での了承を得ています。核融合研ではこの成果発表に関する一連の手続きや論文発表状況の集約のために「論文情報システム(NAIS)」を評価情報室で運用しており、研究成果論文が自動的に集約されます。これは、研究成果をデータベースに登録してインターネットで公開するという、機関リポジトリの運用にとつては有利な状況です。機関リポジトリへの資料掲載についても、研究者の承諾の下で実務をリポジトリ作業会が代行して、研究者に負担がかからないようにしています。その承諾の手続きも、あらかじめ研究成果全般に関して承諾を得

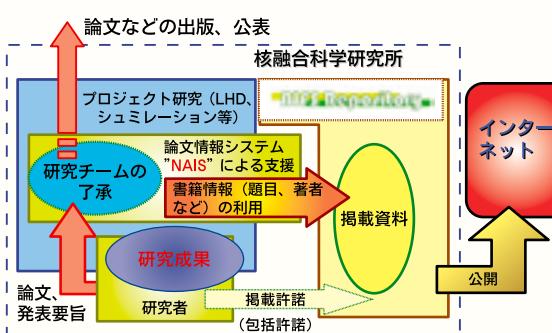


図1 核融合研での論文など研究成果発表の流れ

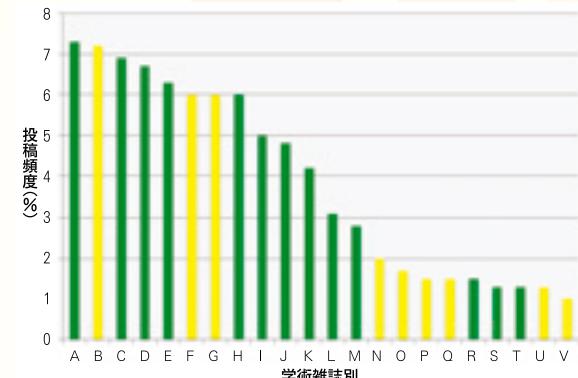


図2 学術雑誌の掲載論文数(%)、リポジトリ掲載許諾状況

る「包括許諾」によって、手続きの簡素化を図っています(図1)。

次に、核融合研からの論文掲載雑誌について見てみます。核融合研での研究は核融合やプラズマという比較的限られた分野に収まっています。このため、論文を発表する学術雑誌も総合大学などと比べると限定されており、著作権の処理も比較的容易になっています。図2に学術雑誌への掲載論文数(%)、その雑誌の機関リポジトリへの掲載許諾状況を示します。緑は特に許諾をとることなく機関リポジトリへの掲載を認めている雑誌、黄色がそれぞれの論文ごとに掲載許諾が必要な雑誌です。図にはありませんが、機関リポジトリへの掲載を認めていない雑誌もあります。この図をみると、十数誌に論文が集中していることや、そのうち7割が個別の許諾なく機関リポジトリへの掲載ができることがわかります。これも、核融合研の機関リポジトリ運用にとっては追い風になっています。

これからの課題

現在もNIFSリポジトリを公開運用しながら、掲載情報の充実を図っています。今後は、掲載情報の拡充だけでなく、利用する人から見て使いやすい環境(たとえばNIFSのWEBページとの連携を強化して最新情報のダイジェストを表示するなど)の整備を進めたいと思っています。

(装置工学・応用物理研究系 准教授、評価情報室 主査)

平成22年度総合研究大学院大学アジア冬の学校(AWS2010)

石 黒 静 児

平成23年2月15日から18日まで、総合研究大学院大学(総研大)アジア冬の学校が核融合科学研究所(NIFS)で開催されました。海外からは中国、韓国、インド、バングラデシュ、台湾、イギリンド、ドイツ、フィンランド、セルビアの9つの国と地域から22名、国内からは12名の総計34名の参加がありました。核融合科学専攻長である小森彰夫所長の「プラズマ・核融合の実験、シミュレーションの基礎および応用について学ぶとともに、参加者同士およびNIFSスタッフとの交流を深めてほしい。」という挨拶の後、研究所日時計前で記念撮影が行われ、講義に移りました。

講義では、プラズマ・核融合に関する理論、シミュレーションおよび実験研究の基礎、分光計測とともに、超伝導技術などが取り上げられました。今回は、物理科学研究科他専攻との交流を図るという目的で、機能分子・構造分子科学専攻、天文科学専攻の講師による特別講義も行われました。

3日目の午後には、大型ヘリカル装置(LHD)の見学、バーチャルリアリティ(VR)装置ComplexXcopeでの大規模3次元シミュレーションデータの可視化体験が行われました。LHDの見学では、計測装置などの見学も実施され参加者の興味を引いていました。また、VRでは、参加者一人一人が実際に装置を操作してVR空間を移動しながらシミュレーションデータの解析を行うなど、貴重な体験をしました。

実際の総研大生の研究活動を理解してもらう

と同時に参加者とNIFSスタッフとの交流を図ることを目的として、参加者および総研大生をはじめとするNIFSで活動している学生や研究者のポスター発表会も行われました。

この総研大アジア冬の学校は、総研大物理科学研究科の5専攻の教育・研究活動を国内外の学生や若手研究者に広く供するために、平成16年度より開催されています。本年度は、「ゆらぎと構造形成の科学—光・エネルギー・物質・宇宙—」を5専攻共通テーマ、「プラズマ中の構造形成」を核融合科学専攻のサブテーマとし、例年と同様にシミュレーション科学教育講座との共催として行われました。

参加学生の中には総研大への進学を希望する人もおり、総研大およびNIFSの活動を内外に認識してもらうための企画として重要な役割を果たしています。

(基礎物理シミュレーション研究系 研究主幹 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



研究所日時計前での記念撮影



バーチャルリアリティ(VR)装置でLHD内部を体验

ポスター発表風景

LHD用ジャイロトロンの高出力運転と プラズマ電子温度2億3000万度の達成

高 橋 裕 己

核融合科学研究所では筑波大学と共同して、プラズマ中の電子を加熱するためのマイクロ波発生装置、ジャイロトロンの開発を行っています。本稿では核融合科学研究所の大型ヘリカル装置(LHD)用に開発されたジャイロトロンにおいて新しく考案された高出力運転と、昨年のLHD実験で達成された高電子温度プラズマについて紹介します。

LHDの実験に使用するために開発されたジャイロトロンでは、発生するマイクロ波の周波数は77ギガヘルツ(1ギガヘルツは1秒間に10億回の振動)で、発振電力は1000キロワット以上にもなります。このジャイロトロンの構造については、NIFSニュース188号に詳しい解説が掲載されていますのでご覧下さい。

図1に新しい高出力運転手法の一例を示します。この運転では、ジャイロトロン電子銃からの電子引き出し電圧(アノード電圧)を二段階で増加させています。一段階目の電圧は、マイクロ波の発振開始電圧よりも低いため、この時間帯ではマイクロ波は発生しません。これまでの運転では、マイクロ波の発振の立ち上がり時に、ジャイロトロンの電子ビーム捕集部への印加電圧(コレクタ電圧)が最大で16キロボルト程度降下し、結果的に、発振が不安定になることが問題となっていました。図1から、アノード電圧の二段階立ち上げによって、発振の立ち上がり時のコレクタ電圧降下が2.5キロボルト程度に抑えられていることがわかります。これによって、より安定した運転が可能となっただけでなく、発振開始前に電子ビームを十分に加速したことで、より高出力のマイクロ波発振ができるようになりました。

ジャイロトロンは世界中の中・大型の核融合プラズマ実験装置で使われていますが、1500キロワットの出力が実用上、これまでの最高でした。LHD用に開発されたジャイロトロンでは、各部の設計を最適化し、また、前述のアノード電圧二段階立ち上げ運転によって、これを大きく上回ることができ、1800キロワットの出力で1秒間の運転に成功しました。

この開発した大電力ジャイロトロンをLHDのプラズマ実験に使用しました。昨年11月に行われた実験では、開発してきた3本のジャイロトロンを用いて、3400キロワットのマイクロ波をLHDに入射し、

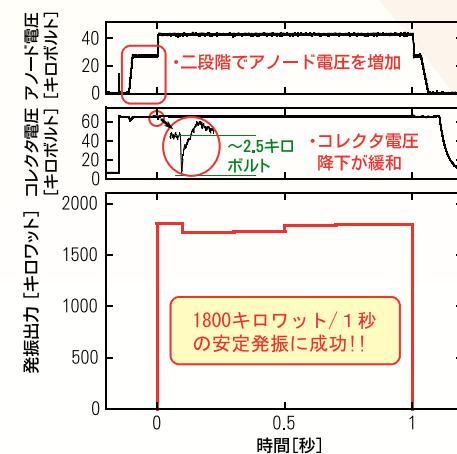


図1 アノード電圧二段階立ち上げ運転

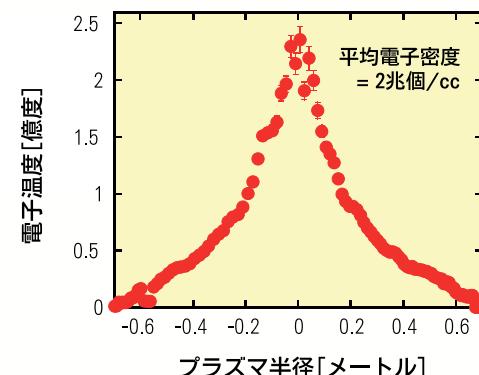


図2 電子温度2億3000万度を達成したときのプラズマ半径方向の電子温度分布

図2に示すように、プラズマ中の電子温度を2億3000万度にまで高めることに成功しました。これは、昨年度に得られた1億7000万度を大きく更新する結果です。

ジャイロトロンは、核融合プラズマ加熱用のマイクロ波発生装置として、大出力で長時間の運転ができる唯一の発振装置です。核融合発電を実現するためには、このような装置の開発を進めながらプラズマの性能を高めていく必要があります。研究所では将来の核融合発電を目指して、LHDでのプラズマ物理研究と並行して、ジャイロトロンなどの加熱装置や周辺装置の開発にも積極的に取り組んでいきます。

(プラズマ加熱物理研究系 助教)

TOPICS トピックス

国際学術交流協定の締結

平成23年2月4日に、核融合科学研究所は、オランダの核融合研究センターであるFOM(Fundamenteel Onderzoek der Materie) プラズマ物理研究所レインハウゼンとクリーリングで持続可能なエネルギー源である核融合研究における協力関係を推進するため、国際学術交流協定を締結しました。

核融合科学研究所の国際学術交流協定としては、法人化後10機関目にあたり、これにより、国際交流締結機関は16機関となります。今後、この交流協定締結を契機として、両者の連携の一層の強化と研究者及び学生の活発な学術交流の発展が期待されます。



握手を交わす小森所長(右)とヴァン・デ・サンデン所長(左)

高校生職場体験

核融合科学研究所では、高校との教育連携活動の一つとして、2月1日から3日までの3日間、岐阜県立土岐商業高等学校の生徒の職場体験を受け入れました。参加した8名の生徒は、技術部と管理部に分かれて、核融合研究を支える様々な業務を体験しました。



管理部での職場体験の様子

健康づくり講演会を開催

平成23年2月1日に、職員の健康づくりの一環として、職員を対象に「健康づくり講演会」を開催しました。所外から厚生労働省認定 健康運動実践指導者の恩田莉津子氏を講師に招き、「それって本当? 間違いだらけの健康づくり」と題して、柔軟な脳の作り方と脳に酸素を送るトレーニングの大切さについて講演していただきました。



脳のトレーニングに励む参加者たち



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.198 (2011年2, 3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。