

Plasma Conference 2014

永岡 賢一

2014年11月18日から21日にかけて、Plasma Conference 2014が朱鷺メッセ(新潟市)で開催されました。この会議は、日本物理学会(領域2)、応用物理学会プラズマエレクトロニクス分科会プラズマプロセッシング研究会、プラズマ・核融合学会年会の合同開催であり、本研究所と大阪大学が共催する、日本で最大のプラズマに関する会議です。第2回目となる本会議の参加者は934名と、米国やヨーロッパで開催される主要な国際会議に匹敵する規模となりました。本研究所からも多くの研究者が参加しました。また、本会議では、須藤滋教授、田村直樹助教が「プラズマ計測のためのトレーサー内蔵ペレット手法の開発」により、柳長門教授、相良明男核融合工学研究プロジェクト研究総主幹、寺崎義朗さん(総合研究大学院大学院生)他が「核融合炉マグネットへの適用を目指した100kA級高温超伝導体と機械的低抵抗ジョイントの開発」により、プラズマ・核融合学会第19回技術進歩賞をそれぞれ受賞しました。

講演・発表件数は760件と、大変多くの発表がありました。LHD実験関連では、竹入康彦

大型ヘリカル装置計画研究総主幹が行った招待講演「大型ヘリカル装置LHDでの重水素実験によるこれからの炉心プラズマ研究」が大きな注目を集めました。また、LHDの重水素実験に関連するシンポジウム「トラスプラズマにおける質量比の閉じ込めへの効果」では、トカマク装置における質量比依存性のレビューや理論研究の紹介とともに、長壁正樹教授から「LHD重水素実験計画と閉じ込め特性に対するプラズマ核種の効果」について講演がありました。講演の後、参加者によりLHD重水素実験計画が議論されました。第3回の会議は、3年後に名古屋で開催される予定です。(プラズマ加熱物理研究系 准教授)



右中央から須藤教授と田村助教、右中央から柳教授と寺崎さん。いずれも、右端は二宮博正プラズマ・核融合学会会長、左端は小野清学会賞選考委員。

TOPICS トピックス

新年賀詞交歓会を行いました

平成27年1月5日に管理・福利棟4階第1会議室にて、新年賀詞交歓会を行いました。小森彰夫所長から職員へ年頭の挨拶があった後、平成26年中の学会賞等受賞者の紹介がありました。



≪平成26年 学会賞等の受賞者≫ (職名は受賞当時のものです)

受賞日	賞名	受賞者
H26.4.15	平成26年度文部科学大臣表彰 科学技術賞	金子修 教授、竹入 康彦 教授、長壁 正樹 教授
H26.5.7	2014年度低温工学・超電導学会 奨励賞	高田 卓 助教
H26.5.30	第38回レーザー学会 奨励賞	安原 亮 助教
H26.6.15	第3回自然科学研究機構 若手研究者賞	伊藤 篤史 助教
H26.8.13	平成26年度吉川大二郎融合エネルギー奨励賞	伊神 弘恵 准教授
H26.9.9	第1回日本原子力学会核融合工学部会奨励賞	八木 重郎 助教
H26.9.10	第6回日本原子力学会材料部会 奨励賞	宮澤 健 研究員
H26.9.19	JCS12 Young Research Award	宮澤 健 研究員
H26.10.31	科研費 審査委員表彰	坂上 仁志 教授
H26.11.18	プラズマ・核融合学会 第19回技術進歩賞	須藤 滋 教授、田村 直樹 助教 柳 長門 教授、相良 明男 教授、 寺崎 義朗(総合研究大学院大学物理科学研究科)
H26.11.21	Plasma Conference 2014 若手優秀発表賞	神尾 修治 助教

プラズマ流れの新たなブレーキ機構を発見

居田克巳教授らの研究グループは、九州大学の稲垣滋教授とともに、大型ヘリカル装置において磁場で閉じ込められた高温プラズマ(磁場閉じ込めプラズマ)が流れる様子を観測し、プラズマを閉じ込めている磁気面の壊れ(ストキャスティック化)が流れを堰止めることを、世界で初めて観測しました。流れを堰止める新たな機構の発見は、今後の核融合研究に大いに貢献するものです。この新たに発見された機構は、宇宙天体でも働いている可能性があり、今後さらに広い学問的波及効果が期待されます。本研究成果は、英科学誌ネイチャー・コミュニケーションズ(電子版)に平成27年1月8日付けで掲載され、新聞各紙でも大きく取り上げられました。

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.221



第24回国際土岐コンファレンス、バンケットのアトラクションの様子。岐阜女子大学・書道部による大字作品「龍光」とともに記念写真。(本誌、特集「第24回国際土岐コンファレンス開催のご報告」より)

2-3

新年のご挨拶 核融合科学研究所長 小森 彰夫

研究最前線 …… 4-5

スーパーコンピュータで探るプラズマ乱流 沼波 政倫

特 集 …… 6-7

第24回国際土岐コンファレンス開催のご報告 山田 弘司

会議報告 …… 8

Plasma Conference 2014 永岡 賢一

トピックス …… 8

賀詞交歓会を行いました
プラズマ流れの新たなブレーキ機構を発見2014/2015
DEC/JAN

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.221(2014年12, 2015年1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。



新年のご挨拶

核融合科学研究所長
小森 彰 夫

皆様、新年あけましておめでとうございます。本年もどうぞよろしくお願い申し上げます。

昨年のご報告しましたが、文部科学省は、平成25年度から、URA (University Research Administrator) 制度を導入しました。自然科学研究機構では、「世界最高水準の自然科学研究」と「世界最先端の共同研究で大学の研究力強化」の2つを目標に、「先端研究推進」、「共同研究活性化」、「発信力強化」、「研究者支援」を4つの柱としてこの事業を推進しています。機構本部に「研究力強化推進本部」、各機関に「研究力強化戦略室」を設け、これを機構長の下で「研究力強化戦略会議」として一体的な運営を行っています。研究所では、機構本部の決定を受け、副所長を室長とする「研究力強化戦略室」を設置し、「企画戦略力」、「広報力」、「共同研究力」、「若手研究力」の強化を図ることとし、この4つの強化対象のうち、後者3つのタスクグループにURA 3名を配置しました。

研究強化戦略室を活用するには、既存の組織に上手く組み込む必要があります。昨年2月には、研究所の組織を改組しました。研究力強化戦

略室は、所長直轄とし、それまでの広報部を広報委員会に衣替えして、戦略室の広報力強化タスクグループの下で活動することとしました。広報部が行っていた活動は、広報委員会で全て継続し、更にタスクグループのアドバイスにより、これまで以上に活発に広報活動を行っています。プロジェクトと位置付けていた各種の連携研究は、委員会組織に組み込み連携研究委員会として、共同研究力強化タスクグループのアドバイスを受け、その発展を図ることとしました。今後、国内の共同研究は、より活性化することが、国際的には、よりグローバル化することが求められており、共同研究力強化タスクグループの活動の成果が期待されています。研究所の運営は、研究主幹、部長、課長等が出席する研究主幹等会議を通じて行ってきましたが、URAの活動との間で意思の齟齬が生じないように、昨年2月からは、これまでの会議にURAも加わった、研究主幹等・研究力強化推進会議を発足させ、研究所の円滑な運営を行っています。現在、大学にはガバナンスの強化が求められていますが、研究所では、この新組織により、所長の

ガバナンスがさらに強化され、責任も益々大きくなっています。

研究力強化戦略室に関係した改組に加えて、昨年は、3月に重水素実験推進本部を発足させ、4月に技術部を改組しています。技術部の改組は、課を構成する係の改組で、名称、構成員等を変えています。これは、重水素実験に対応させるため、3月の重水素実験推進本部の発足に呼応しています。重水素実験推進本部は、組織を縦横無尽に使う重水素実験の準備を進め、実験を開始するために発足させました。本部長には、大型ヘリカル装置計画プロジェクトの実験統括主幹を任命し、全ての権限を持たせています。さらに、昨年4月に、情報通信システム部が発足し、活動しています。この部は、所長直轄で、これまで、技術部の課やLHD実験会議の下などで、別々に活動していた情報関係の組織を統合し、一貫した運用が行えるようにしました。これにより、一貫した運用、情報伝達齟齬の回避、組織のスリム化・組織の有効活用等が可能となり、経費も削減することができました。

平成28年度からは、第3期中期目標・中期計画がスタートします。スタートにあたって、組織改革を含む多くの改革が求められており、機構を構成する各機関が研究所のように十分な改革を実施してきたとしても、機関の枠を超えて機構として改革を実行することが求められています。大学共同利用機関法人や共同利用・共同研究拠点改革の議論は、科学技術・学術審議会学術分科会の研究環境基盤部会で行われており、主な論点の中で、機能強化の促

進(分野融合・新分野創成、国際頭脳循環ハブ形成促進)、評価の推進、人事制度改革の推進などが挙げられています。機構も今年度中に改革案を固め、第3期から実行に移すこととなります。共同研究者の方々をはじめ皆様のご理解とご協力を、よろしくお願い申し上げます。

最後になりましたが、日ごろより核融合科学研究所の活動にご高配を賜り、また種々のご支援ご協力をいただいておりますことに大変感謝申し上げます。お陰をもちまして、研究所の研究活動は順調な進展を見せており、これからも、共同研究者の方々とともに、大学共同利用機関としての務めを果たしつつ、プラズマ・核融合分野の研究の発展のため、そして我が国の学術の振興のため、最大限の努力を続けて参ります。よろしくご支援の程、お願い申し上げます。

皆様のご多幸をお祈りするとともに、核融合科学研究所への益々のご指導とご鞭撻をお願い申し上げます。新年のご挨拶とさせていただきます。



スーパーコンピュータで探るプラズマ乱流

沼波 政 倫

大型ヘリカル装置(LHD)のような磁場閉じ込めプラズマ装置では、非常に高温のプラズマを磁場によって閉じ込めていますが、プラズマの温度や密度は均等には分布していません。これが曲者で、密度や温度の不均一性に伴い、プラズマは乱流と呼ばれる複雑なゆらぎを持つ状態になることがあります。このとき、プラズマの熱や粒子がプラズマ内部から外部に向けて運ばれる現象(これを輸送といいます)を引き起こしてしまいます。この輸送の強さは非常に大きく、プラズマの閉じ込め性能を大きく左右します。従って、乱流による輸送現象の仕組みを理解し、輸送の強さを正しく予測することは、核融合炉の実現には不可欠です。このプラズマ乱流の理解には、プラズマ中の荷電粒子の運動の効果をとり入れた細かいスケールでの解析が必要になるため、大規模な計算機シミュレーションが必須になります。今回は、スーパーコンピュータを用いて行っているプラズマ乱流シミュレーション研究と、将来の核融合炉に向けた取り組みについてお話しします。

大規模計算が必要なプラズマ乱流

磁場閉じ込めプラズマでは磁場の影響で、荷電粒子は旋回運動をします。プラズマ乱流のスケールはこの旋回半径と同程度で、水素イオンだと数ミリメートル程です。このスケールで粒子と電磁場は相互作用し、最終的に乱流状態を引き起こします。従って、プラズマ乱流を理論的・数值的に解析するには、粒子運動の効果を含める必要があります。これを正直に取り扱おうとすると、3次元空間上のプラズマ粒子の分布だけでなく、どの方向にどの程度の速度を持った粒子がどれくらい存在するかを考慮し、速度の空間にも3次元分の自由度を用意した合計6次元空間上のプラズマ粒子分布の時間変化を解かなくてはなりません。最近のコンピュータの性能は非常に高いのですが、さすがにこのままでは、どんなに速くて大きな計算機をもってしても太刀打ちできる規模ではありません。しかし、幸運なことに、磁場閉じ込めプラズマでは、

強力な磁場による旋回運動の性質を利用して、速度の空間次元を一つ少なくした5次元空間上に近似することができます。これにより、計算機による数値シミュレーションが可能になります。可能になったといっても、例えばLHDのような磁場構造を持つ場合、5次元空間上に500億点を超える計算格子点を用意する必要があります。これをスーパーコンピュータの能力を最大限に使って計算し、研究を進めています。

スーパーコンピュータで再現されたLHDプラズマ乱流

LHD実験で実際に観測される乱流現象を計算機上で扱うには、実験で用いられている様々な条件をできる限り正確に考慮しておく必要があります。そのため、実験結果から磁場構造を正確に推定し、シミュレーションに反映させます。以前は計算機の能力が非力であったため、考慮できる磁場構造も制限されていました。しかし、核融合科学研究所にあるスーパーコンピュータ「プラズマシミュレータ」を駆使することで、LHDのように複雑に曲がりくねった磁場構造も正確に取り込んだ計算が可能になり

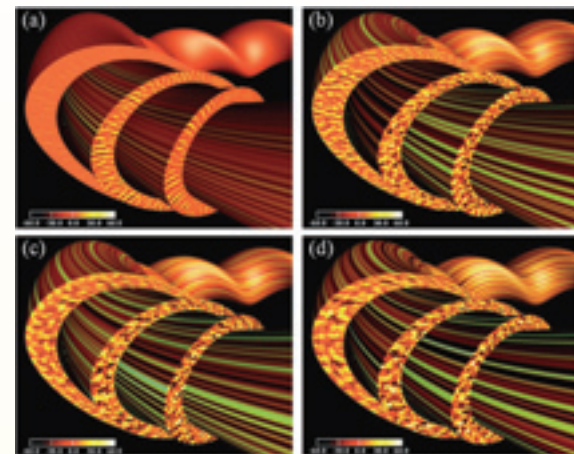


図1 大規模シミュレーションによって得られたLHDプラズマにおけるプラズマ乱流の時間変化。色の濃淡で示されたプラズマ密度のゆらぎが、(a)→(d)の順に複雑な乱流構造を伴って変化していきます。

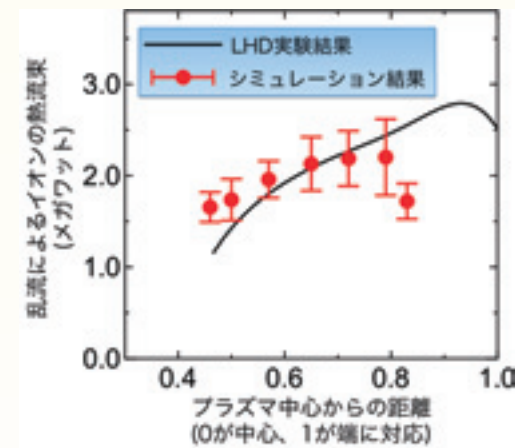


図2 LHD実験及びシミュレーションから得られた乱流による水素イオンの熱流束の分布。実験結果(実線)とシミュレーション結果(赤点)の大部分が誤差の範囲内でよく一致しています。

ました。シミュレーションでは、図1のように複雑な乱流構造の時間変化を追いながら解析を進め、実験結果と照らし合わせていきます。乱流による水素イオンの熱流束(熱がプラズマ外部へ流れる強さ)の実験結果と、シミュレーションによる計算結果を比較したものが図2です。以前の小規模な乱流シミュレーションでは、乱流輸送現象の定性的な説明までが限界でしたが、この精密な計算では、大部分の領域で実験結果を定量的に再現できていることがわかります。全てのプラズマ実験に対して同様の結果を得るには、まだ課題も多いのですが、計算機シミュレーションによりプラズマ中の熱の伝わり方の定量的な評価ができることが示され、今後の理解が格段に進むと期待しています。

プラズマ乱流の予測に向けて

これまで述べてきたように、スーパーコンピュータによる大規模シミュレーションはプラズマ乱流の解析にはとても有効です。しかし、残念ながら、計算量が極端に多いという大きな欠点があります。例えば、先ほどのLHDプラズマでの計算では、図2の一点のシミュレーションデータを得るために、プラズマシミュレータで1万個を超えるCPUを同時並列的に利用しても、実に百時間を超える計算時間を要します。将来の核融合炉を念頭にして、実験に先んじてプラズマ輸送を予測しようと思っても、このように長い計算時間を要する大規模シミュレーションでは、現実的な解析方法にはなり得ません。何とかして、このプラズマ乱流シミュレーションと同様の計算結果を、もっと計算量の少ない

方法で再現することが必要です。そのような中、これまでに蓄積された膨大なシミュレーションデータを解析し直してみると、簡単な線形解析(プラズマの乱流が発達し始める初期的な振る舞いの解析)と、長時間の乱流シミュレーションを継続して得られる物理量との間に明らかな関係性が存在していることがわかりました。そして、乱流による熱対流を抑制する物理機構について着目することで、この関係性を説明できる数理モデルを構築することに成功し、乱流シミュレーションでは膨大な計算量を要していた熱輸送係数(熱の伝わりやすさを表します)の結果を、僅か数パーセントの計算量で再現することが可能になりました(図3)。実際の炉の解析に必要な全ての物理効果を含めた予測方法を開発するには、それらの効果を組み込んだ大規模な乱流シミュレーションがまだまだ必要ですが、適用範囲が限定できる場合には、プラズマの閉じ込め性能予測の研究にも既にこの予測手法が活用され始めています。

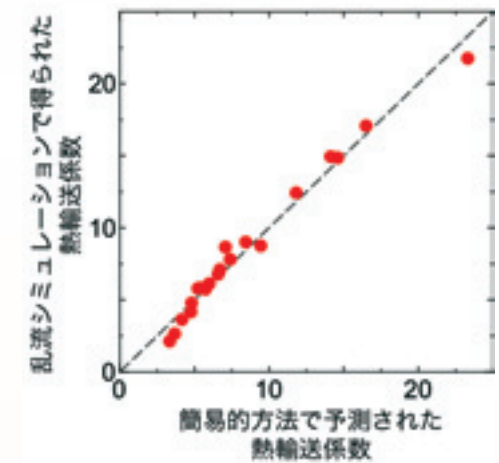


図3 簡易な方法で予測されたイオンの熱輸送係数と乱流シミュレーションの結果との比較。簡易的方法により、計算量の高いシミュレーション結果をほぼ等しく予測できています。

スーパーコンピュータの性能は急速に発展しています。日本で最も高速な計算機である「京コンピュータ」も勿論、我々のプラズマ乱流研究には大いに役立っています。近い将来、核融合炉のプラズマをスーパーコンピュータ上に完全に再現して、様々な炉の性能予測が簡単にできる日が来るかもしれません。その日ができるだけ早く来るように、シミュレーション研究者は日々研究に励んでいます。

(核融合理論シミュレーション研究系 助教)

第24回国際土岐コンファレンス開催のご報告

山 田 弘 司

第24回国際土岐コンファレンスを、平成26年11月4日から11月7日まで、岐阜県土岐市のセラトピア土岐を会場として開催しましたのでご報告をいたします。プラズマの研究は、核融合科学だけでなく基礎科学や社会展開においても極めて幅広い範囲にわたって目覚ましい進歩が見られています。これらのプラズマ科学についての基本的な話題は分野の境界を越えて、物理、化学、生物、医学、農業、産業から核融合までにわたる様々なプラズマの利用についての基盤を構築するために共通した理解と新たな進展をもたらす可能性を持っています。この背景をもとに、基礎プラズマ科学と核融合科学の進展を通じて多様な科学分野の探究と相乗促進を図ることを今回の会議の目的として、世界的に最先端の研究成果を主要各国から募り、共通する課題等について議論する場となるよう、安藤晃(東北大学教授)国際プログラム委員長を中心にプログラムを構成しました。開催期間を通じて、本会議には海外からの参加者(16ヶ国30名)を含む総数192名の参加と168件の発表があり、活発な議論が展開されました。また、今回の会議は総合研究大学院大学との共催となり、多くの大学院生が発表を行って国際的な交流を経験し、

刺激を受ける場となりました。会期中には、小森彰夫所長による核融合科学研究所発足から四半世紀の歩みについて紹介する記念講演、市民学術講演会、バンケット及びテクニカルツアーを企画し、会議参加者や地元の皆様との交流の良い機会となりました。

開会式においては、小森所長の開会挨拶の後、古屋圭司衆議院議員(ご代読)、加藤靖也土岐市長、中塚淳子文部科学省核融合科学専門官からご祝辞を、渡辺猛之参議院議員からはご祝電を賜りました。また、杉浦司美土岐市議会議長、山田実三瑞浪市議会議長、渡邊隆土岐市議会副議長、林晶宣土岐市議会第1常任委員会委員長、楓博元土岐市議会まちづくり特別委員会委員長、宮地順造土岐市議会議員、小島三明土岐市副市長、山田恭正土岐市教育長、加藤淳司土岐市総務部長にご臨席いただきました。特にこれら地元の方々の長年の温かいご支援を大変ありがたく存じております。

本会議では、斯界をリードする著名な研究者4名、ジ・ハントオ教授(米国・プリンストン大学)、ユルゲン・ケブケ博士(ドイツ・ライプニッツプラズマ研究所)、ロジャー・ストローラー博士(米国・オークリッジ国立研究所)、本島修ITER機構長(前核融合科学研究所長)に、

それぞれ「実験室プラズマによる宇宙天体プラズマ研究の新しい地平」、「大気圧プラズマの様々な応用のための最近の計測技術の進歩」、「照射損傷に強い金属材料の展望」、「ITER計画によって拓かれる核融合科学と技術の地平」についての基調講演をいただきました。これらは、会議全体の方向付けを明らかにし、議論の基点となりました。この他、研究の最前線で得られた代表的な成果を17名の招待講演者に発表いただきました。一般講演は147件の発表があり、このうち特に優れていると国際プログラム委員会が判断した13件については口頭発表としました。これらの発表から投稿・査読を経たものがプラズマ・核融合学会の学術誌Plasma and Fusion Researchにおいて出版されることとなります。

会期中には、会議出席者向けに「テクニカルツアー」と「バンケット」を実施し、「食」を含む日本文化や産業技術に広く触れてもらう機会を持ちました。テクニカルツアーでは、はじめにトヨタ産業技術記念館(名古屋市)を訪れ、この地方で生まれ、その後、日本の発展を担ってきた産業の歴史に触れた後、土岐市の核融合科学研究所に戻って大型ヘリカル装置(LHD)の見学を行いました。現代社会を支える技術の歴史と、持続可能な文明に貢献しようとする核融合研究の最先端を見る半日となりました。バンケットは同日の夜に開催され、参加者は久しぶりに再会した研究仲間や地元の方々と歓談し、宴は大いに盛り上がりました。今回は特別に、岐阜女子大学・書

道部の皆様をお迎えし「書道パフォーマンス」のライブを行っていただきました。特に「大字作品」のパフォーマンスでは、縦3メートル、横7メートルの布に、LHDからインスピレーションを得た「龍光」の字が揮毫され、参加者全員、その迫力に圧倒されるとともに、書道の素晴らしさを堪能しました。パフォーマンス後に行われた「書道教室」も、外国からの参加者に大変好評でした(本誌、表紙に写真を掲載)。

また、この会議では毎回、様々な分野の第一線で活躍中の専門家を講師にお招きし、研究最前線的话题を一般の方々に分かりやすくご講演いただく「市民学術講演会」を開催しています。今回は、地質学を専門とされる熊本大学大学院自然科学研究科准教授の尾上哲治先生をお迎えし、「恐竜時代の巨大隕石衝突 一岐阜から見つかった世界初の証拠」という演題でご講演いただきました。恐竜の絶滅をもたらした6,500万年前の隕石衝突は有名ですが、それより更に1億5,000万年も前の恐竜黎明期にも巨大隕石の衝突があり、その世界初の証拠が近くの本曾川河岸で見つかったという衝撃的なお話でした。尾上先生は、隕石という宇宙の漂流物の痕跡とそれが落下した年代を、地道なフィールドワークとち密な分析法で特定し、私たちがその時代に生きていた恐竜の世界へといざなってくださいました。会場の約170名の参加者は、科学的手法の美しさと太古のロマンにしばし胸が高鳴ったことと思います。

最後になりますが、本会議は文部科学省、岐阜県、土岐市、一般社団法人プラズマ・核融合学会、核融合科学研究所のご後援をいただき、また、市民学術講演会には上記に加えて岐阜県教育委員会、土岐市教育委員会、中部ESD拠点協議会にもご後援をいただきました。ここに厚く御礼申し上げます。

(高密度プラズマ物理研究系 研究主幹)
ITC24現地実行委員長



写真1: 開会式の様子



写真2: 会議参加者の集合写真



写真3: 市民学術講演会の様子。
講師は熊本大学の尾上哲治先生。