

まって大きな反響があった。

学会は特に米国では若手研究者にとっても人事交流、就職先の斡旋などの機能が充実しており、わが国でも若手の活動機会として見習うべきと思う。Mini-course と名づけて、若手対象の幅広い工学の講義が行われたのもよい企画であった。また本学会は best student paper award を出しているが、今回は京大の一瀬麻衣が修士課程ながら受賞したことは特筆されよう（写真2，上段，左から二人目。後は学会実施委員。）（原稿受付：2009年8月24日）

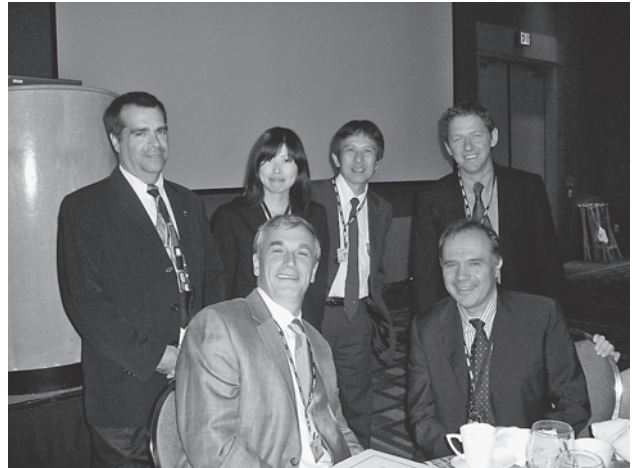


写真2 best student paper award 受賞の一瀬麻衣（上段左から2番目。1番目は general chair の Mark Tillack, 下が program chair の René Raffray.

■第36回プラズマ物理に関する欧州物理学会年会 (EPS)

長壁正樹（核融合科学研究所）

城崎知至（大阪大学レーザーエネルギー学研究センター）

2009年6月29日－7月3日の4日間、ブルガリア・ソフィアの国立文化宮殿において、標記会議が開催された。ソフィアはブルガリアの首都であり、バルカン半島のほぼ中央に位置する。また、ソフィアはヨーロッパ最古の街の一つであり、その歴史は非常に古く、有史以前の集落跡などが現在の町の中心部などにも見つかっている。

今回の会議参加者は、558名と、前回の649名から約100名程度減少した。最も参加者の多い国はドイツで、次いで、フランス、UK、USAの順となっていた。プログラムは例年どおり、磁場閉じ込め核融合、ビームプラズマ・慣性核融合、基礎天体プラズマ、ダスト・低温プラズマの4つの分野に分かれて、発表・議論が行われる構成となっていた。

会議初日は、プラズマ物理学の分野において著しい功績をされた方の栄誉をたたえるハンス・アルヴェン賞が、ドイツ・マックスプランク量子光学研究所の Jürgen Meyer-ter-Vehn 博士に送られた。「高パワーレーザープラズマへ

の基礎研究（副題：レーザー核融合からレーザー加速へ）」と題された受賞記念講演が同氏によってなされ、慣性核融合における基礎的な物理（球面爆縮、航跡場加速等）に関するレクチャーの他、慣性核融合の実現に向けた高出力レーザー開発・超高時間分解能光学計測装置の歴史的進展についてのレビューがなされた。講演内では、今後のヨーロッパにおけるレーザー核融合研究計画である『ELI プロジェクト』についても言及された。記念講演のあとは、磁場閉じ込めプラズマ、レーザープラズマ、天体プラズマの分野でのプレナリ講演が行われた。また、会議二日目にはレギュラーセッションの後で、ITER セッションが行われ、ITER 計画の現状およびBA等のITERを支援する研究計画に関する報告がなされ、活発な議論が行われた。

来年は6月21日から25日の間に、ダブリン（アイルランド）のダブリンシティ大学（開催地兼ホスト）で開催予定である。

1. 磁場閉じ込め核融合

磁場閉じ込め核融合関連では、ITER 運転シナリオに関わる話題が中心となっていた。特に、ELM 制御、ディスラプション、Hモード形成に関わるスケールリング則に関する



議論が活発に行われていた。磁場閉じ込めプラズマに関するプレナリ講演では、F4E (Fusion For Energy, Barcelona, Spain) の G. Saibene 博士により、ITER の $Q = 10$ シナリオを遂行する上での運転要件・技術的条件についてJET実験からの外挿研究の報告がなされた。中でも最もクリティカルな問題の一つとして言及されていたものがELM時のPFC (プラズマ対向素材) への熱負荷であった。ELMによるPFCへの瞬間的な熱負荷を低減させるためには、積極的に小規模な高繰返し周波数のELMを誘発させ、一回当りのELMエネルギーを小さくすることが有効で、本講演ではJETにおいてこれまでに試みられた摂動磁場印加、プラズマ位置制御、ペレット入射によるELMトリガ実験の結果とその有効性が示されていた。ELMの問題の他に、TFリップルによる粒子損失と閉じ込め劣化の問題についても言及され、 $Q = 10$ を達成するためにはセパトロクス位置でのリップルを少なくとも0.5%程度に抑える必要があるとの事であった。JETのハイブリッド放電における閉じ込め改善に関するHobirk博士の講演では、閉じ込めの改善度に対する q 分布の効果について実験結果が示されていた。中心・最外殻の q 値が同じでもエッジで局所的に勾配の大きな分布 (つまりコア部は平坦) の方が通常の q 分布の場合よりも閉じ込め改善度が上昇することが実験的に示されていた。また、ELMがNTMをトリガする結果についても言及されており、ELM制御の重要性がここでも強調されていた。Euratom-CEAのG. Huysmans博士によりJOEKKコードを用いたELMの三次元非線形シミュレーションの結果が示された。ELM発生時に誘起されるフィラメントの速度に関するシミュレーション結果が実験結果と良く一致するなどといったことが示された。また、Hモードベデスタル幅の ρ^* 依存性に関するJET, DIII-D, ASDEX-Uの装置間の比較 (Beuskens) や、ITB形成に関するJETとJT60U装置間の比較 (De Vries) を行うといった、同一の物理現象に対する装置サイズや観測されている物理量の違いなどに注目し、ITER運転シナリオに対して外挿しうる知識を構築するといった発表も多くみられた。

ITERセッションにおいては、日本原子力機構の石田氏からJT-60SA計画の進行状況が説明され、再度のベースライニングの結果が示された。ファーストプラズマは2016年に点火予定とのことで、実験当初は500 keV n-NBI (10 MW), 85 keV p-NBI (10 MW), 3 MW ECRHによる加熱が行われる予定で、最終的にp-NBIを24 MW, ECRHを7 MWまで増強し41 MW入射を行う見通しであるとのことであった。また、Euratom-ENEAのF. Zonca博士によるFAST計画の提案が行われた。FAST (Fusion Advanced Studies Torus) はEUにおけるITERのサテライト装置的計画として、イタリアから提案されている計画である。FAST計画は2008年から開始され、現在も概念設計は進められている模様である。コストを抑える為に、既存の技術によって本体、加熱機器を整備し、磁場強度 ~ 7.5 T, 加熱入力30 MW程度で、 $I_p \sim 6.5$ MA, $T_i \sim 13$ keV, $n_i \sim 2 \times 10^{20} \text{ m}^{-3}$ 程度のプラズマを生成したいとの事であった。上記スペックでは3億ユーロ程度の予算規模となる見通しであり、よ

り大きな予算が確保できれば装置サイズの拡大や加熱装置の増強を行い、より高パラメータ領域を実現し、外挿研究としてITERに貢献したいとのことであった。

トカマク以外の装置からは、ヘリカル型装置における閉じ込め改善の研究について、CIEMATのT. Estrada博士によるTJ-IIにおける閉じ込め遷移に関する研究報告がなされた。また、LHDからはヘリカル系における高速イオン閉じ込めに関する報告がなされた。高速イオン荷電交換分枝計測を利用した高速イオン閉じ込めに関する実験結果をシミュレーション結果と比較し、ブーザー座標系を使用したシミュレーション結果は損失を過大評価することが報告された。(長壁)

2. ビームプラズマ・慣性核融合

ビームプラズマ・慣性核融合関連では、本年度のHannes-Alfvén-Prizeを受賞したJ. Meyer-ter-Vehnの基調講演に始まり、FLASH (Free electron LASer in Hamburg) の13.5 nm XUV光をAlターゲットに照射し、透過率の照射強度依存性からphase transitionを評価したWarm Dense Matterに関する報告 (J.S. Wark, Univ. of Oxford, UK), 木星や土星のようなGiant planet形成および内部構造の解明を目的とした高圧EOS実験 (G. Chabrier, CNRS, France), 10 PWクラスの次世代高強度レーザーを用いたLWFA (Laser Wake Field Acceleration) による電子の >10 GeV加速 (L.O. Silva, Instituto Superior Tecnico, Portugal), レーザー核融合のレクチャー的な講演 (S. Atzeni, Università di Roma, Italy) の4件のプレナリ講演、招待講演18件、口頭発表13件、ポスター発表50件程度であった。

ビームプラズマ関連では、対向レーザーを用いた高効率電子加速に関して、その加速機構と加速効率の対向レーザー偏光度依存性が実験・シミュレーションで評価され、対向レーザーの偏光が垂直の場合の方が加速場への電子ビーム入射の閾値が高くなる一方、加速された電子パンチのエネルギー幅やチャージを抑えることが可能であることが示された。また、100 TWレーザーを用いたバブル加速で180 MeV電子の発生や、相対論的レーザー照射により相互作用面が振動することを利用したROM (Relativistic Oscillating mirror) によるアト秒高次高調波発生において35次程度の高調波発生が報告された。イオン加速においては、磁場を用いて、裏面シース場によるイオン加速機構の解明ならびにビームコントロールの実験結果の報告がなされた。レーザー加速のプロトンビームは指数関数的なエネルギー分布、並びに角度広がりをもつが、磁場によるトモグラフィーにより、各エネルギー成分ごとに発生点並びにその角度広がりが評価され、高エネルギー成分はレーザー照射点の中心近傍で加速されて、その角度広がりは狭い。一方、エネルギーが低くなるにつれ中心から離れた領域からの生成が顕著となり、またその角度広がりも大きくなることが示され、その機構として、裏面シース場が時間とともに空間的に拡散して弱くなっていくこと要因であると説明された。また、四重極磁石を直列に2つ用いてプロトンビームを実空間ならびにエネルギー空間上でコリメートし

た実験結果が報告された。レーザーイオン加速の高効率化として、多層ターゲットを用いる方法はシミュレーションにより示唆されていたが、今回、実験結果が報告された。レーザー照射によりターゲット裏面に生じるシース場を利用したイオン加速において、その加速シース場に、あらかじめ加速したプロトンを入射することで、追加速に成功した結果が報告された。ただし、最初の加速もレーザー照射によるシース場加速であるために、もとのプロトンビームのエネルギー広がりが大きく（これは伝搬に伴い空間的な広がりとなる）、2段目のシース加速場が存在している間にその領域に入射するプロトンの数に制限があり、加速効率は良くない。単色ビームを入射するなど、改善の余地はあるが、実験として多段加速が実証された点は大きいであろう。

慣性核融合関連では、米国 NIF の 192 ビームが完成し、レーザーシステムの現状と 2010 年 10 月の DT 点火に向けたスケジュールが報告された。いよいよ核融合点火が目前に迫ってきた感がある。S. Atzein が「NIF の点火実験はレーザーによる爆縮実験からの外挿と、核実験データ（我々はアクセスできないが）からの内挿により計画・実施される……」と述べ、その成功にかなりの確度があるであろうことを感じさせた。また、米国ロチェスター大の OMEGA-EP で始まった高速点火統合実験ならびに衝撃点火実験の結果も注目を集めた。新たに完成した高強度レーザーを用い、爆縮コアに 1 kJ レーザーを照射したコア加熱実験において X 線放射の大幅な増大が観測された。残念ながら中性子に関しては、硬 X 線のため従来のプラスチックシンチレータでは計測できなかったということであるが、この夏に予定し

ている実験では、X 線信号に対する減衰時間が非常に高速な液体シンチレーターを導入することである。阪大レーザー研からはシミュレーションベースの高速点火用先進ターゲット設計ならびに加熱用 LFEX レーザーの現状が報告された。EPS 開催中にまさに LFEX レーザーを用いた高速点火統合実験が行われていた。この秋にはロチェスター大、阪大ともに新レーザーによる高速点火実験の結果が出そうであろう。また、ロチェスター大は高速点火と並行して爆縮最終フェーズに高強度スパイクパルス照射し、求心ショックを駆動して点火する衝撃波加熱方式の実験が進められており、 $\sim 10^{16}$ W/cm² のスパイクパルス照射により中性子発生数が 4 倍程度増加し、かつ爆縮効率も向上したという結果が報告された。欧州からは LMJ における間接照射爆縮におけるホーラムターゲットの設計が報告されたが、LMJ の現状報告がもう少しほしかったところである。また、HiPER に関しても、プロジェクト立ち上げ当時に比べ、今回は発表が少なかったように感じる。HiPER のもともとの計画にあった高速点火に関しては爆縮・加熱ともに目立った報告はなかった半面、衝撃波加熱方式に対する解析結果の報告があり、HiPER も衝撃波加熱方式にシフトしつつあるのか？と感じる面もあった。

以上の他に、実験室宇宙物理に関しては超新星残骸における粒子加速、無衝突衝撃波、光電離プラズマ等に関する実験・理論解析結果、warm dense matter に関しては、惑星内部構造に関連してレーザー駆動衝撃波による状態方程式測定、物質の相変化に関する実験・シミュレーション・理論研究等の成果が報告された。（城崎）

■会議報告

19th International Symposium on Plasma Chemistry (ISPC-19)

石島達夫（名古屋大学工学研究科附属
プラズマナノ工学研究センター）

2009 年 7 月 27 日から 31 日まで、ドイツ、ボッフムのルール大学ボッフム校にて 19th International Symposium on Plasma Chemistry（第 19 回プラズマ化学国際シンポジウム、ISPC-19）が開催された。この会議は、IUPAC（International Union of Pure and Applied Chemistry）傘下の IPCS（International Plasma Chemistry Society）が主催して 2 年ごとに開催され、プラズマ化学分野では最大規模の国際会議である。組織委員長は Prof. Achim von Keudell（Bochum Univ.）、副委員長は Prof. Jörg Winter（Bochum Univ.）が務められた。

今回の会議の参加者数は 645 名であった。地域毎の参加者数では、ヨーロッパが約 400 名と約 6 割を占め、次いでアジア（約 130 名）、北米（約 50 名）であった。国別参加者数でみると、開催地であるドイツが約 130 名であり、その次が日本（約 90 名）、フランス（約 70 名）、チェコ（約 40 名）であったことから、日本のプラズマ応用の研究者の活躍が本会議に大きく貢献している。また、会議に先立って行われ

た IUPAC Summer School on Plasma Chemistry には 80 名の参加者があった。

今回の会議では以下の 16 分野のもと 683 件の発表がなされた。

1. Fundamentals of plasma-surface interactions
2. Diagnostics and modeling in plasma chemistry
3. Non-equilibrium effects and atmospheric pressure plasma processes
4. Microdischarges and microplasmas
5. Plasma sources: design and characterization
6. Plasma processing for micro-electronics and -mechanics
7. Plasma deposition of inorganic films and hard coatings
8. Plasma deposition and treatment of polymers
9. Clusters, particles and powders
10. Plasma chemical synthesis
11. Plasma spray and thermal plasma material processing
12. Plasma aided combustion and aerodynamics
13. Biomedical applications
14. Environmental applications: combustion, abatement, cleaning, recycling
15. Plasmas in liquids
16. Plasmas and renewable energies



図1 閉会挨拶。

6件の基調講演のうち、日本からは愛媛大学の橘 邦英教授が、"Microplasma generation in artificial media and its potential applications"との題目で講演を行った。招待講演は合計22件あり、日本からは3名が招待講演者として招聘された。(Plasma spray and thermal plasma material processing: 東京工業大学 渡辺隆行准教授, Plasmas in liquids: 名古屋大学 佐々木浩一准教授, Plasmas and renewable energies: 産業技術総合研究所 布村正太氏。)一般講演は3セッション並列で行われ、ポスター発表は3日間にわたって行われた。

本会議の分類区分による分野別の発表件数は、2. Diagnostics and modeling in plasma chemistry (82件) が最大であり、次いで上位から 8. Plasma deposition and treatment of polymers (68件), 5. Plasma sources: design and characterization (60件), 3. Non-equilibrium effects and atmospheric pressure plasma processes (57件), 13. Biomedical applications (50件) であった。

バンケット (Social Dinner) は4日目夕方に大学内のカフェテリア (Menza) にて行われた。着席形式のバンケットとなり、バンド演奏が場を盛り上げ、参加者間の懇親の場となった。また、カフェテリアにはバルコニーが隣接しており、夜風が涼しい静かな雰囲気のもと、各所で歓談がなされていた。

このバンケット中に長年のプラズマ化学への貢献が評価される "Plasma Chemistry Award" の発表と表彰が行われた。今回はアメリカ・ミネソタ大学の Prof. Joachim V. R. Heberlein が受賞された。続いて行われた35歳以下の若



図2 Industrial Workshopの様子。スクリーンに映し出されているのは Bochum Univ.

手研究者に対する最優秀論文賞は、5名が選出された。日本からの発表では、岐阜薬科大学・笹井泰志講師の "Surface modification of polystyrene dishes using plasma techniques to enhance cell adhesion and proliferation" が受賞の対象となった。

会議最終日の Farewell Party 後には、Prof. Peter Awakowicz (Bochum Univ.) および Dr. Francois Rossi (Joint Research Centre, Ispra) の運営により Industrial Workshop "Plasmas interacting with biological systems" が開催された。会議終了後であったにも関わらず、約100名の参加者があり、医療応用に関わるプラズマ技術に対する関心の高さを改めて実感した。5件の発表はすべてドイツからの報告であり、同一州内の Dusseldorf 所在の大学からの発表もあったことから、本分野におけるドイツ、特に Bochum があるノルトライン＝ヴェストファーレン州が力を入れている様子が伺えた。報告では、実際の医療現場でプラズマを用いた臨床応用結果が、プラズマによって生成される活性種濃度の計測結果と関連づけて報告されるなど、踏み込んだ共同研究が進んでいる状況を伺うことができた。

次回の ISPC-20 は、Prof. Alexander Fridman (A.J. Drexel Plasma Institute) 組織委員長のもと2011年7月24-29日にアメリカのフィラデルフィアで開催される。なお、本会議より ISPC の公式 web サイト (<http://www.ispc-conference.org/>) が設定されていますので、詳細は web をご参照ください。今後も、日本のプラズマ応用研究が本分野を先導していくことが期待される。(原稿受付: 2009年8月25日)