

IFEフォーラム

レーザー核融合技術振興会

2022.3.30

No. 104

FORUM FLASH



総合討論パネラー(左上から右下) 笹尾 真実子(コーディネータ)、落合 誠、久間 和生、野田 進、小林 洋平、河内 哲哉、児玉 了祐、岩田 夏弥、藤岡 恵子(敬称略)

2022年2月3日「日本学術会議・IFEフォーラム公開シンポジウム」オンラインで開催

日本学術会議・IFEフォーラム公開シンポジウム 「将来のエネルギー科学技術に向けたパワーレーザーと 高エネルギー密度科学の役割と展望」報告

大阪大学レーザー科学研究所 三間 罔興

表記公開シンポジウムが日本学術会議(総合工学委員会エネルギーと科学技術に関する分科会)とIFEフォーラムの主催により、去る2月3日オンラインで開催されました。大阪大学レーザー科学研究所を主会場としてZoom Webinarで配信され、370名以上の参加がありました。

開 会

会議の冒頭、エネルギーと科学技術に関する分科会ハイパワーレーザー技術と高エネルギー密度科学小委員会 近藤駿介委員長の開会の辞で以下のシンポジウムの趣旨が述べられました。

「本日は、この公開シンポジウムにご参加賜り、誠にありがとうございます。日本学術会議総合工学委員会エネルギーと科学技術に関する分科会は、2020年6月に、「パワーレーザー技術と高エネルギー密度科学の量子的飛躍と産業創成」と題する提言を公表しました。この提言は、「レーザー核融合」、「高圧物質科学」、「レーザー生成量子ビーム利用」、「レーザープロセス」等に関する研究開発が、次世代のエネルギー科学技術・産業活動への貢献とこれを担う人材育成の観点も踏まえて、激しい国際競争のもとで

推進されているので、我が国としてはこれらに伍して進めてきているパワーレーザー・高エネルギー密度科学の研究開発を一層強化し、世界最高レベルの繰り返し・高出力の大型パワーレーザー施設を設置し、新たな学術の開拓や産業創成に繋がる価値創造・人材育成にオールジャパンで取り組むべきというものです。

分科会はこの提言を踏まえて、この分野の研究開発を、我が国のエネルギー科学技術の進展に必須の新技术・新材料の創成と人材育成に寄与することも視野に入れてどう強化するべきかにつき、熱エネルギー利用や熱・電気エネルギー変換に関する分野からの入力も得て議論することは、2050年カーボンニュートラル(CN)が唱えられている今、時宜を得ていると考え関連分野の取り組みの報告とパネル討論とで構成されるこのシンポジウムを開催することにいたしました。370人を超える参加者を得て実りある機会としたく、全力を尽くしますのでよろしくご協力のほどお願いします。」

引き続き、日本学術会議第三部部長 吉村忍先生の挨拶では「本日のこのシンポジウムで議論される内容につき、CN全体に対する学術会議の大きな取り組みの一つとしてしっかりと位置付け、他の分野とも連携しながら進めていければと考えております。」の期待の言葉をいただきました。また、IFE フォーラ

ムの高西一光座長の挨拶では「我が国において、レーザー核融合エネルギーの研究開発を加速していくためには、将来の社会実装に向けたマイルストーンを共有化し、産学官が連携して連続、非連続のイノベーションを興し続ける必要があります。また、その担い手である優秀な人材を育成し、輩出される仕組み作りも重要であると考えます。」と激励の言葉をいただきました。最後に原子力委員会委員長上坂充先生からは、「本日のシンポジウムが実り多いものであり、ハイパワーレーザーと応用が、日本の基盤技術として益々発展していくことを期待しております。」とパワーレーザー技術開発への期待を表明いただきました。

基調講演

挨拶に続き、6件の基調講演と総合討論が実施されました。

半導体パワーレーザーに関する野田進氏(京大教授)の講演では、フォトニック結晶レーザーのハイパワー化の研究開発の現状と展望が紹介されました。その応用分野の例としてLiDAR(レーザーレーダー)が取り上げられ、フォトニック結晶レーザーを用いる場合、ビーム結合が必要なファイバーレーザーを用いた場合の値段が200万円ほどするのに対し、フォトニック結晶レーザーでは0.5mm×0.5mmのチップ単体ですむので、格段に安価になるとしています。また、将来のレーザー核融合ドライバーとしてもその応用に大きな期待が寄せられました。

レーザープロセスに関する小林洋平氏(東大教授)の講演では、我が国の人口減少とCNに対応するには労働生産性の向上や省エネ技術が重要であり、物づくりのCPSの構築や機械加工からレーザー加工においてパワーレーザーは重要な役割を果たすことが指摘されました。例えば、脱炭素社会実現に向けて、再生可能エネルギー利用のためのEVや蓄電池製造へのレーザー溶接の利用、ならびに省エネルギーのための航空機などの複合材料加工のためのレーザー切断利用、歯車など耐摩耗性向上のためのレーザー表面改質や半導体の微細化のためのレーザー

公開シンポジウム

将来のエネルギー科学技術に向けた パワーレーザーと 高エネルギー密度科学の役割と展望

2022年
2月3日[木]
13:00-17:30

日本学術会議講堂とオンラインのハイブリッド

- 定員：日本学術会議講堂 150名 | 新型コロナウイルス感染症拡大防止のため定員の可能性があります
【アクセス】東京大1-1-1(本館) | 力本館 | 駅 有明 | 東京駅有明7分 | 有明駅 徒歩22分
- オンライン 300名
- 参加費：無料 | 申込みは無料です。事前に参加申し込みが必要です
- 参加申し込みはこちら
<https://www.ifs.nsl.ac.jp/symposium/powerlaser/>

PROGRAM

13:00 開会 幹事委員会 大竹 正樹 (日本学術会議委員/東京大学名誉教授) 開会の辞 辻藤 勉 (日本学術会議委員/原子力機構理事 兼 東京大副学長) 挨拶 渡村 基 (日本学術会議 議長) 開会式 上坂 充 (原子力委員会委員長 兼 東京大副学長)	16:00 総合討論 将来のエネルギー科学技術に向けた パワーレーザー技術と 高エネルギー密度科学の役割と展望 コーディネーター 野田 進 (京大教授) パネリスト 渡村 基 (日本学術会議議長) 野田 進 (京大教授) 小林 洋平 (東大教授) 小崎 孝 (東大教授)
13:15 講演 I フォトニック結晶面発光レーザーの進展と展望 -究極の半導体パワーレーザーの実現を目指して- 野田 進 (京大教授) エネルギー科学における レーザープロセスの課題と展望 小林 洋平 (東大教授)	17:25 閉会の辞 渡村 基 (日本学術会議議長/東京大学名誉教授)
14:45 講演 II カーボンニュートラル実現に向けた 熱エネルギー利用の現状と展望 渡村 基 (日本学術会議議長/東京大学名誉教授) エネルギー科学領域における レーザー駆動電子ビームの利用 渡村 基 (日本学術会議議長/東京大学名誉教授) エネルギー最適化に向けた実証的取り組み 渡村 基 (日本学術会議議長/東京大学名誉教授)	17:30 閉会

●お問い合わせ
大東大レーザー科学研究室内 事務局
〒113-8654 東京都文京区根津5-6
TEL: 03-4679-7907
E-mail: rsg2019@res.nsl.ac.jp

●公開シンポジウムの詳細はこちら

【主催】日本学術会議総合工学委員会 エネルギーと科学技術に関する分科会 / 東京大学
【協賛】大東大レーザー科学研究所 / 量子科学技術研究開発機構東京科学研究所
【協賛】一般社団法人レーザー学会 / 一般社団法人プラズマ・核融合学会 / 一般社団法人日本物理学会 / 日本学術会議 / 東京大学大学院工学系研究科 / 東京大学大学院工学系研究科 / 東京大学大学院工学系研究科 / 東京大学大学院工学系研究科
【協賛】株式会社キオクシア

IFE

シンポジウムポスター

プロセスなどのパワーレーザーの利用例が示されました。

パワーレーザーと高エネルギー密度科学に関する兒玉了祐氏(阪大レーザー科学研究所所長)の講演では、先端キーテクノロジーの開発推進と統合が重要であり、我が国の強みである「半導体レーザー、セラミック材料、光学薄膜」の分野にIoT制御技術、AI技術、センサー技術を統合し、レーザー核融合などのエネルギー技術開発に生かし、CNにも貢献することが重要であると指摘がありました。また、レーザー核融合や省エネルギー新材料の開発などの長期的なエネルギーセキュリティに貢献し、世界をリードするには、高平均出力レーザー設備を持つパワーレーザー中核拠点を作り、それを活用して国際連携プロジェクトを推進し国際的人材を育成することが重要であることが提案されました。

熱エネルギー利用に関する藤岡恵子氏(ファンクシ

ヨナル・フルイッド社 社長)の講演では、CNや省エネルギーにおける熱エネルギー利用の重要性が指摘され、熱機器の性能向上、熱移動・熱輸送に関わる機器や材料の開発・性能向上、ならびに熱利用システムの普及が課題であると指摘されました。これらに加えて、熱エネルギー需要と供給についての情報整備、政策的支援、ならびに技術にとどまらない未来社会のエネルギービジョンの創成と共有が重要であると提言されました。

レーザー駆動量子ビーム利用に関する河内哲哉氏(QST 関西研所長)の講演では、レーザー駆動量子ビームは、医療、エネルギー、物づくりなど様々な分野への利用可能性が紹介されました。その実現のため、安定に高い平均出力を出せるレーザー技術の確立とその照射・制御システム開発が必要であり、高平均出力のパワーレーザーを有する中核拠点が重要な役割を担うことが指摘されました。

最後に、エネルギー最適化に向けた企業の取り組み例に関する落合誠氏(東芝エネルギーシステムズ ジェネラルマネージャー)の講演では、CN, Quality of Life (QoL)の向上にむけ、環境・エネルギー分野において、原炉等のエネルギーインフラのミュオンイメージング検査、小型原子炉開発(マイクロリアクター)、マイクロチップレーザーによるレーザー超音波法などのユビキタスな検査計測システム開発、レーザーピーニングによる応力腐食割れ予防や疲労強度改善など、産業界におけるパワーレーザーの利用の研究開発の現状が紹介されました。これらのCN、エネルギー、インフラレジリエンス、QoLに関連する技術開発で、企業として社会貢献に努めていることが報告されました。

総合討論

上記の基調講演を受けて、写真のコーディネーター 笹尾真実子氏(東北大名誉教授)と講演者ならびに久間和生氏(レーザー学会会長)と岩田夏弥氏(阪大准教授)による総合討論で、シンポジウムの議論が総括されました。

久間総括コメント

総合討論の冒頭、CNに向けたレーザー技術の応用につき久間和生氏より総括の意見をいただきました。その中で、以下のレーザー学会の活動が紹介されました。

「レーザー学会では今年1月に、2050年カーボンニュートラルへのレーザー技術の貢献ということで、レーザー学会に所属する先生方をお願いして、提言書を作りました。ポイントは、1)半導体レーザーを中心とするレーザーの高効率化、2)半導体レーザーを使ったシステムの分野を広げシステム革新を目指すこと、3)クリーンエネルギーの生成に向け、レーザー核融合や太陽光励起レーザーを開発、が重要である。また調査により、精度よい予測ではないがレーザーを活用することにより2050年に国内では10%~20%、世界では5%~10%のGreenhouse Gas (GHG)削減に貢献するポテンシャルがあるということで、よりよいレーザーの開発が極めて重要であるということが分かってきました。」

またCN実現には、Society5.0によるスマート社会の実現が不可欠であるとの意見もいただきました。

続いて、久間氏の意見も踏まえて、パネラーならびに会場の間で意見交換がなされました。以下4つの視点で出された意見の概要は以下の通りです。

パワーレーザー技術と新産業創成とTRL

- 1) 持続的に研究開発を進め、その成果を時期を見て事業化する。その過程のいろいろなステージで人材を育てる必要がある。
- 2) 今回のコロナで、学生たちが何を望んでいるかわかったことがある。いわゆるリモート、いわゆるサイバー空間での活動はできたが、一方でものすごくリアルな活動を求めていることがわかった。リアルとサイバーが一緒になった形で展開していくことの必要性がクローズアップされた。さらに言えば、本当に人が集まる空間、すなわち国内に国際的競争力のある拠点で海外の拠点と連携・競争することが重要である。
- 3) 研究計画を立てるにあたり、TRL (Technology

Readiness Levels)の評価実現までのロードマップを作成して議論する必要がある。

4)TRLはまだまだアカデミアにはなじみの薄い言葉である。TRL5は実験室の中での原理実証であり、これは普段やっている研究とほぼ同じである。TRL6~7ぐらいまでいきなさいと言われると難しい。

5)ハイパワーレーザーがもたらす先にあるゴールには、いろんなものがある。高繰り返しパワーレーザーが、物理学などの学術応用のみならず産業応用に広がっていくのが共通認識だが、学術応用でのTRL評価も考える必要があるのではないかな？

熱エネルギー利用とCNへの貢献について

1)水素の製造・メタネーションは日本のカーボンニュートラルの中で非常に大きな柱になっている。核融合による水素製造は選択肢が増えることになり、大変重要である。

2)核融合炉からどんな熱が出てくるかに非常に興味がある。多量に200℃くらいの熱が出るのであれば、この温度域の熱を利用する技術は現在でも非常に成熟しているが、社会システムとしてうまく生かすためのインフラや制度の完備が課題である。

3)レーザー加工技術は、熱エネルギー利用にとって重要な熱伝達、流体と電熱と熱伝達を促進するような表面加工であるとか、蒸発を促進するような表面加工、あるいは材料開発自体にも応用が考えられる。

ネットワーク・国際連携と人材育成

1)パワーレーザー施設の連携を米国では10機関ぐらいがやっている。その中でまとまって施設整備をやっている。我が国も、米国のネットワークとリンクしパワーレーザーの施設連携をやるということは重要。

2)現在、我が国のレーザーネットワークにはレーザー加工分野のデジタルトランスフォーメーション(DX)がある。米国の予算規模は100倍近く大きい、米国とも連携する道が開かれたと考えている。人材育成を含めた形で国際的ネットワークを進めるべきである。

3)最近の日本の科学技術の低下が問題になっている。一つの原因は、若手の研究者たちが海外の一流の機関に行って、自ら研究する意欲を持つ若手研究者の数の減少である。その結果として、海外との共著論文もものすごく減っている。中核拠点での研究開発では、海外の拠点とのネットワークで若手研究者の育成も含めてやる必要がある。

4)現在の日本の企業では海外の経験があることがプラスになっている。以前は会社の留学制度の応募がものすごい倍率だったが、最近は倍率がそれほど上がらないのが問題である。実際海外に行ってみて、その社会の中で自分の実力だけでやってみるというモチベーションを如何に上げていくかというのが課題である。

エネルギー科学技術と学術研究のあり方と研究開発中核拠点

1)パワーレーザーは、高エネルギー密度科学の複雑な相互作用を通して、物質がどのような姿を見せてくれるのか、そしてどんな機能を発現するのかといった研究を可能にするものである。その解明には個別の分野ではなくて、物理、化学、数学といったさまざまな学術分野の融合研究を展開していくことが鍵である。

2)世界で多数の大型パワーレーザー施設では、真空の物理から核融合燃焼プラズマの科学まで、新しい領域が展開されようとしている。世界と共に日本が、これからの世界に必要とされる学術や産業を先駆していくためには、最先端の研究をできる環境があることが重要である。

3)J-EPoCHなどの大型パワーレーザー施設は、世界と伍する研究環境を提供するものである。研究拠点が国内にあるというのは、日本の若い学生やこの分野に進もうと思っている若手研究者にとって、とても励みになることである。

4)自然科学から社会実装につなげるには、産官学が融合したネットワーク拠点を国内に作る有効である。

5) 中核拠点での共同利用・共同研究は、研究成果の評価基準、新しい課題創出、共通のブレークスルーポイントを持つことができるメリットがある。

6) 我が国の人口減少は大きな問題であり、人材育成がさまざまな分野の共通課題である。人口が減じた分知財生産効率を上げる必要がある。若い人々が今まで以上に科学技術に強い関心を持てるような政策が必要である。

7) 中核拠点を作ることによって、ポスドクから、ドクターを取った人たちの活躍する現場(キャリアパス)を作り、大学院の研究がそのまま研究者としての道につながる人材育成の場が必要。

まとめ

以上の総合討論により、「パワーレーザーと高エネルギー密度科学は、科学技術・産業技術Society5.0ならびにCNの実現に重要な役割を果たすものであり、長期的に我が国が世界をリードするには、国際的人材育成のため“世界の道場”としての中核拠点を身近に持つべき」と結論された。

最後に疇地宏氏(総合工学委員会エネルギーと科学技術に関する分科会委員長)より閉会の辞が述べられ盛会裏にシンポジウムは閉幕した。

Fusion Power Associates 42nd Annual Meeting and Symposium 報告

大阪大学レーザー科学研究所 重森 啓介

標記会合が2021年12月15、16日の2日間にわたって行われた。今年はハイブリッド開催ということで、ワシントンDCのGrand Hyatt Washington Hotelを主会場として、ネット配信が同時に実施された(海外からの講演者を中心に約半数はリモート講演であった)。

セッションは合計で9セッションが行われ、米国内および国際的な動向が磁場閉じ込め方式、慣性閉じ込め方式に関する技術的な内容のみならず、今後の計画など政策的な領域も交えて講演・議論が行われた。

レーザー核融合において注目を集めたのはやはり昨年8月に行われたNIF(National Ignition Facility)における実験結果に関するトピックであった。米国ローレンスリバモア国立研究所のTammy Ma氏より報告があり、8月8日の実験結果に関する詳細と、それに引き続くフォローアップ実験の結果速報が述べられた。8月8日の1.35MJ出力ショットの後、3ショットが実施された。現在のところ、核融合出力として8月8日の結果を凌駕するものは得られておらず、その検討や解析が行われている。今

のところ明らかになっているのは、1.35MJショットの条件と比較して燃料ターゲットのクオリティが低い(アプレータ厚の均一性、シェル中の欠陥)ことなどが原因として挙げられており、より高パフォーマンスの条件を模索するためのフェーズに入っているとの見解が示された。このNIFの実験結果をもって、レーザー核融合はIFE(Inertial Fusion Energy)へ舵を切る方針が明確に示され、具体的にはDOEの資金提供をベースに、コミュニティワークショップの開催など今後様々な活動を進めるとの説明があった。現在、その予算拠出が議会で議論されており、今後5年間で毎年140万ドルの案がリストアップされているとのことであった。

N IFは世界最高エネルギーを持つレーザー施設ということで、学術研究には欠かせない存在であるが、今後のIFE開発では高繰り返しレーザーの存在が必須であり、このための開発計画もすすめられつつある。具体的にはスタンフォード大学SLAC国立加速器研究所の自由電子レーザー施設LCLS(Linac Coherent Light Source)にあるレーザー施設MEC(Matter in Extreme Conditions)のアップグレードと連携し、10Hzベースのハイパワーレーザーを構築するという計画が示された。後の講演で登壇したSLACのSiegfried Glenze氏の講演でも詳細が説明されたが、レーザー開発に関する連携だけでなく、レーザー核融合で重要な学理とSLAC-LCLSで行われている高エネルギー密度科学に関する学術的な課題を関係付け、幅広い協力体制がとられていることが印象的であった。

ま た核融合全体の話題として、ITER(国際熱核融合実験炉)に関する進捗が報告された。建物やインフラ関係の工事は80%終了しており、残る制御棟、電源供給棟などの建設が進められている。各コンポーネントの供給は85%完了とのことであるが、COVIDによる影響、コンポーネント製

造の遅延などにより2025年のプラズマ実験開始は困難な状況となっている。その後控える2035年のDT燃焼実験も遅れが避けられない見通しであり、2022年中に全体スケジュールのアップデートが行われる予定とのことであった。

そ の他のセッションとして注目を集めたのは“Private Sector&Partnership”、すなわちスタートアップとも呼ばれる核融合に特化した企業による核融合研究開発である。これまで核融合は国レベルのプロジェクト研究開発が主であったが、民間の投資による動きが昨今活発化しており、本会合でも合計で9社からの発表が行われた。これらスタートアップ企業の位置付けは様々であり、投資を主眼と置いているもの、実際に小型装置を構築して開発をすすめているもの、核融合炉の要素技術を武器として展開しているものなどが挙げられる。たとえば英国のCommonwealth Fusion System社は独自の磁石開発技術をもって発電に供する核融合炉を建設する予定で、2000億円を超える出資を獲得している。現状はまだ歴史も浅いスタートアップフェーズであっても、今後の展開で熟成を重ねることにより、これらPrivate Sectorが核融合開発に欠かせない存在となる可能性が高い。なお、このセッションのプログラム中で唯一の日本企業であり京都大学発のスタートアップである京都フュージョニアリングからも発表が行われ、大阪大学と共同で検討を行っているレーザー核融合炉による水素製造技術も紹介された。

全 体を通して、様々な発表やスピーチの中でNIFの8月8日の実験結果に関する言及がなされた。やはりレーザー核融合の点火・燃焼実証というマイルストーン達成は、核融合研究・開発に関して大きなインパクトであり、核融合界全体におけるゲームチェンジャーと認識されているように感じた。

編集後記

昨年8月のNIFの点火燃焼達成からもう半年も経ちました。一方で2050年カーボンフリーの社会的要請があります。レーザー核融合が早期に核融合出力を実現し、これに貢献することを期待します。その際には半導体レーザーも広い産業応用からの需要の効果で製造コストが大幅に下がることも期待されています。

IFEフォーラムには、これらが速やかに進められるよう、ますます大きく貢献することが期待されていると思います。

PS:長らく担当させていただきましたフォーラムフラッシュの編集ですが、筆者(HS)はこのNo.104をもって退任となりました。長い間お世話になり、ありがとうございました。

編集委員 樋口 誠一(関西電力)、白神 宏之(大阪大学)
重森 啓介(大阪大学)、山本 和久(大阪大学)

連絡先

公益財団法人 レーザー技術総合研究所
IFEフォーラム/レーザー核融合技術振興会事務局

〒550-0004 大阪市西区靱本町 1-8-4
大阪科学技術センタービル4F
TEL (06) 6443-6311
FAX (06) 6443-6313

URL:<http://www.ilt.or.jp/forum/index.html>