

(4) 今後の展望(総括)

研究者の5年間にわたる精力的な取り組みにより、所期の主要な目標をすべて達成し、多くの画期的な成果をあげることができた。フェムト秒レーザーを中心とするレーザー技術の産業技術としての高い潜在力を実証的に提示することができた。このことにより、産業開発から製品開発、人材育成、そして先端的研究のさらなる促進など、地域においてもさまざまなアクションをひき起こすことになる。当面は事業に参画した機関を中心に、成果の利活用による応用研究・実用化開発・製品開発等さまざまなレベルでの研究開発が継続的に実施されていくことになる。そのポイントは次のとおり。

「LDを用いた高強度フェムト秒レーザーの開発」

LD励起の高強度全固体フェムト秒レーザーを中心にさまざまな波長・出力・繰り返し周波数を備えたレーザー装置を開発してきた。

このうち、開発後に静岡県浜松工業技術センターに設置されたレーザー装置(「高繰り返しタイプLD励起全固体フェムト秒レーザー」、「微細加工用グリーンレーザー」、「3波長レーザー」)についてはすでに一般供用が可能な状態であり、産業界をはじめ幅広い分野で利用いただくことで新規レーザー応用技術が開拓されるとともに、レーザー装置としての付加価値が上がることを期待できる。

「高繰り返しタイプLD励起全固体フェムト秒レーザー」は現行の製品群では平均出力において上位に位置し、その性質を用いることでフェムト秒レーザー加工実験はもとより高エネルギー物理実験に準じた各種科学実験での使用が可能である。

「微細加工用グリーンレーザー」は完成以来3年、高平均出力・高ビーム品質・高繰り返し周波数を同時に満たすレーザー装置として、主に金属穿孔加工実験用としてロボットやステージなどの付帯設備とともに稼動してきたが、将来的には3次元高機能レーザー加工技術開発に利用されることが期待できる。

「3波長レーザー」は、YAGレーザーの基本波、2倍波、3倍波の同時出力が可能であることから、単一波長では通常加工困難とされる透明材料の加工や加工品質の向上のための安価な加工方法を探る目的で開発した経緯があり、現在ではさらにパルス間隔の制御が可能な光遅延回路(ディレイ回路)を設けることで、新規加工技術開発をレーザー装置側からアクセスしようとする取り組みをおこなっており、新規知見も得られているが、今後さらに本レーザー仕様を十分活用するような利用方法が待たれる。

一方、浜松工業技術センターに設置したレーザー装置以外では「高ピークタイプLD励起全固体フェムト秒レーザー」がある。これは事業参加企業において研究を継続することになっており、今後レーザー装置としてのさらなる高性能化をねらった実験機としての役割を果たしていく計画がある。

また、超小型・高安定の完全空冷型CWグリーンレーザー装置がある。これは上述の「高ピークタイプLD励起全固体フェムト秒レーザー」のチタンサファイアレーザー発振器励起用を開発した経緯があり、モードロック発振を可能にするほどの出力安定性およびポインティング安定性を持つ。電子冷却によって同等の出力機の1/10の小型筐体から発生する高出力CWグリーン光は、励起用以外に加工用、医療用などの分野での光源として期待できる。また商品化に向けて最も近いレーザー装置のひとつであり近い将来に市場に投入される可能性を秘めている。

レーザー周辺機器として「小型・高機能LD電源」が開発されている。この電源は同等品の2/3に小型化され19インチラックに搭載可能な小型筐体を持ち、LD専用の電源としてフェールセーフ機能などを持つとともに、PCによる電流値の外部制御が可

能のため、固体レーザーの心臓部であるレーザー結晶に対して最適な励起が実現でき、LD 励起の固体レーザー用電源としての商品化が単独でも期待される。

「超高密度フォトン反応制御技術の開発」

「短寿命放射性同位体生成のための計測・制御」の研究では、テラワットパルス波面および時間波形の計測と制御を実現し、短寿命放射性同位体生成に必要な重陽子発生実験に適用した。光パルス波面の補償によって、重陽子発生において発生効率の向上と高エネルギー化を同時に実現することができた。「新規産業開発研究」の「物質改変」での「レーザーによる陽電子放出核種生成実験」に適用しているため、後述するようにしてさらに研究を推進する。

「相互作用に関するシミュレーションの研究（共同研究）」では、2つの右円偏光の高強度フェムト秒レーザーパルスが正面衝突時に、電子の相対論的速度が非常に急激に変化することを明らかにするとともに、全く新しい全光駆動型超小型サイクロトンの実現に向けた先駆的な手法のアイデアを創出した。この手法は、レーザーによる短寿命放射性同位体生成装置を飛躍的に小型化できる可能性がある。引き続き、大阪市立大学等でシミュレーションの研究を継続する。

「非熱加工のための計測・制御 - 加工のモニタリング - 」では、孔空け加工のリアルタイムモニタリングにおいて、実用に即した新しい高機能計測技術の研究を実施し、一例として、経皮薬物送達システム（TDS）用のマイクロニードルシート作製への応用を取り上げ、孔深度リアルタイムモニタリング適応の有効性を実証できた。今後、国家プロジェクト等を利用して、具体的な産業応用装置の開発を行う。

「非熱加工のための計測・制御 - ファイバー利用加工 - 」では、真空化中空ファイバー伝送系を構築して実用化を促進するとともに、諸データの蓄積・整理を行い、サンプルに適した加工条件を明確にできた。フェーズでは、参画企業において、ネット販売などを試行し、ニーズ調査を実施しつつ具体的な産業展開を図る。

「フェムト秒レーザー加工における飛散物の振る舞いの研究（共同研究）」では、金属のフェムト秒レーザー加工時の飛散物の振る舞いを明らかにするとともに、実用化するに十分な知見を得ることができた。今後は、静岡大学等で科学研究費補助金等を利用しつつこの研究を継続し、フェムト秒レーザー加工の産業応用に有効利用することを行う。

この他、「実用化を目指した非線形光学材料の性能評価（共同研究）」では、世界にさきがけて開発した、良質で大型のBNA単結晶試料を後述の「THz波応用」に適用するとともに、測定に用いた単結晶試料のX線結晶構造解析を再度行い、より詳細な構造データにもとづく解析を実現した。「新規産業開発研究」の「THz波応用」で、後述するようにしてさらに研究を継続・推進しつつ産業適用化していく。

「新規産業開発研究」

「物質改変」の研究では、「レーザーによる陽電子放出核種生成実験」、「陽電子放出核種生成ターゲットの研究（共同研究）」、「高エネルギー粒子と物質の相互作用の調査研究（共同研究）」、「テラワットレーザーによる粒子ビーム発生とその応用研究（共同研究）」を実施して「テーブルトップレーザーによる短寿命放射性同位体生成」を実証して本事業の目標を達成した。また、「短寿命放射性同位体生成のための計測・制御」の研究と連携して、短寿命放射性同位体生成に利用する重陽子の発生効率の向上と高エネルギー化を実現した。さらに、産業適用化に重要となる、

レーザー照射を長時間可能とした。この実現には、テーブルターゲット駆動装置の構築が必要であり、このような基盤技術の開発を実施することができた。フェーズ Ⅱ では、参画企業においてリーディングプロジェクト等を利用して研究を継続し、実用レベルのレーザーによる短寿命放射性同位体生成を実現するための条件を明確にしていく。

また、レーザーを用いた手法では、重陽子以外にも、高エネルギーの1~4価の炭素イオン、2~7価のフッ素イオンが発生していることを確認した。今後、医療応用が期待される高エネルギーイオン発生について調査研究を継続し、産業応用に必要なイオンの特性を明確にするとともに、レーザーを用いてこれを実現する手法について検討を行う。

「THz 波応用」では、波形整形器を用いてエミッター結晶に入射する光波形を制御するで高周波成分を増強することに成功するとともに、「実用化を目指した非線形光学材料の性能評価（共同研究）」での橋本教授の成果を利用して、「全有機結晶テラヘルツ波発生・計測」を実現した。また、この「全有機結晶テラヘルツ波発生・計測」は、高周波成分の検出に有効であることを明らかにした。よって、非破壊検査等の応用に重要となる広帯域計測を実現でき、新規産業創成の基盤を整備することができた。フェーズ Ⅱ では、参画企業において、ネット販売などを試行し、ニーズ調査を実施しつつ具体的な産業展開を図る計画である。

「高機能レーザー加工」では、これまでの知見、ノウハウを産業応用していくためのデータベースを更新して、整備を完了した。今後、地域 COE 拠点において地元企業などに有効利用してもらう事を計画している。

「時間空間制御されたレーザーパルスによる加工の研究（共同研究）」では、「光源を含むコンパクトフェムト秒レーザー加工機」を構築し、光源を含む「超高密度フォトン利用実証レーザーシステム」を実現することができた。さらに、この加工機を産業適用できる可能性を見出した。今後は、光産業創成大学院大学等で研究を継続し、ベンチャー企業を起業も含めた産業展開を図る。

「地域産業育成探索研究」においては、研究事業期間が残っており継続して研究を実施するとともに、実用化の可能性を追求していく。

「半導体レーザー光整形技術の開発」では、スタック型 LD による照射実験を行う予定であり、「半導体レーザーによる樹脂材料の非走査型同時溶着法の開発」では、加工試験を行い実用化可能性を検証する予定である。

「レーザー染色加工技術の開発」では、アラミド繊維の染色について有望な技術が開発されたがその染色機構の解明に至っておらず今後の研究を継続し、新しい染料開発も期待され、数年後の実用化をめざす。また、繊維へのマーキングについては、共同研究企業によって実用化が検討されている。

「レーザーミシン縫製技術の開発」では異種接合対象を拡げるとともに、シーズ技術として広く公開し、実用化対象を探索する。

「植物の病害抵抗性誘導剤の開発」では、選抜した抵抗性誘導物質を基にした、抵抗性誘導剤の製品化に向けた検討を進める。