

## 高付加価値設計・製造を実現するレーザーコーティング技術の研究開発

### ーマルチレーザー加工ヘッドと青色半導体レーザーコーティング装置ー

#### 1) 開発の取り組み内容

大阪大学接合科学研究所 塚本教授らのチームでは、半導体レーザー、フェムト秒レーザーや超微粒子ビームなどの様々なビームを用いたプロセス開発に関する研究を行っている。このうち、レーザークラディング（肉盛溶接）技術を高度化した精密レーザークラディング（レーザーコーティング）技術に関しては、1990年代より研究開発を進めてきた電子ビームクラディング研究がベースになっている。一方、金属材料の耐摩耗、耐腐食、耐衝撃などを目的として表面改質技術の開発が広く行われている。この従来技術として、金属の熱処理加工、溶射加工、プラズマ粉体肉盛などの技術があったが、それぞれ課題があり、より高品質、高密度、低熱影響なコーティング技術が求められていた。

#### ■実用化ツールの開発

##### 【技術アイデアの創出】

塚本教授らのチームは、レーザークラディングにおける飛行粉末の均一加熱を可能とするレーザーのマルチビーム集光方法を考案し、難加工材を対象としたレーザーコーティング技術の開発を、H26年度よりSIP革新的設計生産技術にて進めることとした。

##### 【研究体制の構築】

大阪大学接合科学研究所がこれまでレーザーのプロセス開発で関係をすでに構築していた企業を中心に研究体制を構築した。レーザー基盤技術の開発については、約15年前から共同研究を進めている石川県工業試験場、レーザー光源を担当する古河電気工業、コーティングの材料を担当する山陽特殊製鋼、レーザー溶融凝固強度を再現し加工条件出しを容易化するためのシミュレーションを担当する日本原子力研究開発機構で構成し、出口となる実用化事業化については、大阪大学接合科学研究所に共同研究部門を設置している「大阪富士工業」および石川県工業試験場とともに約10年共同研究を進めている「村谷機械製作所」で担当する体制とした。大阪富士工業では、開発するモルテンプール型のレーザーコーティング技術を使って、施工請負を行い産業界に成果を展開し、村谷機械製作所では開発する非モルテンプール型のレーザーコーティングを行うための加工ヘッド、ならびにそれを搭載した安価なコーティング装置を販売することで、成果を産業界に展開する予定とした。

##### 【研究テーマ提案（研究資金の獲得）】

<大阪大学>SIP 公募に提案し、採択。(H26/9)

##### 【技術開発のマネジメント】

大阪大学が取り纏めとなり、役割分担を明確にして推進。チーム全体の定例会は1回/月。海外展示会の情報共有等も実施。大阪大学がハブとなり、SIP開始前までつながりがなかった組織間での交流、連携も生まれている。

#### 【技術開発】

マルチビーム式レーザーコーティングは、中心から噴射する原料粉体を複数のレーザー光で加熱し、被膜を加工するもので、熔融池を作らずに被膜を作るため非モルテンプール型とも呼んでいる。SIPを開始してまもないH27/5には150W近赤外線レーザーコーティング装置の試作機を開発した。さらにH27/11には、300W近赤外線レーザーマルチビームユニットを開発し、H28/1には、これを搭載したレーザーコーティング装置の試作機を開発した。

さらなる難加工材のコーティングを目指して、青色半導体レーザーを用いたコーティング装置の開発も進めた。これは海外の主要な展示会調査および主要レーザー加工機メーカーとの技術情報交流によるグローバルベンチマークの結果、当初想定していた以上に、特に純銅に対するコーティング要求期待が増大していたことに基づいている。青色半導体レーザーの導入に当たっては、従来からコネクションを築いていた日亜化学工業、島津製作所に技術協力いただける体制を構築した。世界中で青色半導体レーザー素子を安定して供給できる企業は、日亜化学とドイツの企業1社しかなく、これを事業化できれば大きなアドバンテージを得ることができる。H27/11には60W、H28/1には100Wの青色半導体レーザーコーティング装置を世界で初めて開発し、従来法では困難だった純銅の高品質皮膜を容易に形成可能とした。さらにH29/4には、400Wの青色・近赤外マルチカラーレーザーコーティング装置を開発した。

#### 【技術の検証方法の決定】

SIP開始時点で、H29から県内を中心とした熱意のある中小企業と、技術検証、活用を実施することを決定していた。

#### 【技術検証】

H29年度以降も産業界に価値の高い成果を出せるように、イノベーションスタイルの取組みを継続して行く予定としている。展示会については、H30年度は東京ビッグサイトで開催する国際展示会「国際ウェルディングショー（2018年4月25日～28日）」にて、展示（開発した装置を稼動、デモンストラーション）を行う。具体的には、大阪大学接合科学研究所内に設置した普及のためのプラットフォーム「阪大接合研サイト」と石川県工業試験場内に設置した「石川県工試サイト」におけるSIP外企業の活用事例構築を通じて、技術の検証、評価フィードバックのループを回し、技術や装置の完成度向上につなげる予定である。そして中小企業でも導入可能な安価で高性能な装置を完成させ、H31年度に販売を開始する予定である。

#### 【知的財産の確保】

本研究の基本となるマルチレーザーを用いたレーザー加工装置については、H23に特許出願を行い、H28に権利化している。マルチレーザーに関する特許は、H28およびH30にも特許出願を行った。

### 【技術のツール化（装置、ソフト、ノウハウ）】

<村谷機械>マルチレーザー技術を搭載した加工ヘッド装置の開発。

## ■ 出口戦略

### 【ツールの出口戦略の決定（コンソーシアム、ベンチャー設立、販売、オープン利用など）】

SIP 開始時点で、SIP 終了後に村谷機械からレーザーコーティング装置を製品化する予定としていた。また、イノベーションスタイルを実行していく中で、成果を早く使いたいという声が多数上がり、その中でも製品化の意欲が高いヤマザキマザックに、開発したマルチレーザーの加工ヘッドを提供し、製品化した。また、グローバルベンチマークについて、海外の動向を常に正確にキャッチするために、定期的にフランフォォファ研究所や主要なレーザー加工機メーカーと技術交流および情報交換を行い、また、本研究開発に関係する国際会議および国際展示会にも積極的に参加し最新の情報を収集することで、精度の良い設定を行った。PJ 内の打合せは、1 回/月で開催し、研究の進捗報告だけでなく、グローバルベンチマークについて徹底認識させた。

### 【コンソーシアムの運営】

—

### 【ベンチャー設立】

—

### 【ツール販売】

<村谷機械>マルチレーザーヘッドを、ヤマザキマザックに提供(H28)。安価なレーザーコーティング装置を SIP 終了後に製品化 (H31 予定)。

### 【ツールオープン利用】

イノベーションスタイルとして、研究期間中からでも成果を産業界に出していき（従来の研究 PJ では研究期間終了後に産業界への貢献を検討していた）、自分たちの研究に役立つ情報を引出しフィードバックすることとし、公設試に装置を持って行って見てもらう、展示会や学会で見てもらう、インターネットで動画を用いて紹介するなどの取組みを実施することとした。イノベーションスタイルの実践に当たっては、オプトロニクス社（展示会、情報発信）、東京工科大（動画作成）など、SIP 参画企業外の協力も得る体制とした。

### 【技術の PR】

研究の途中成果であるマルチレーザーヘッドや青色レーザーによるコーティング装置を、産業界に紹介する活動（イノベーションスタイル）として以下を進めた。

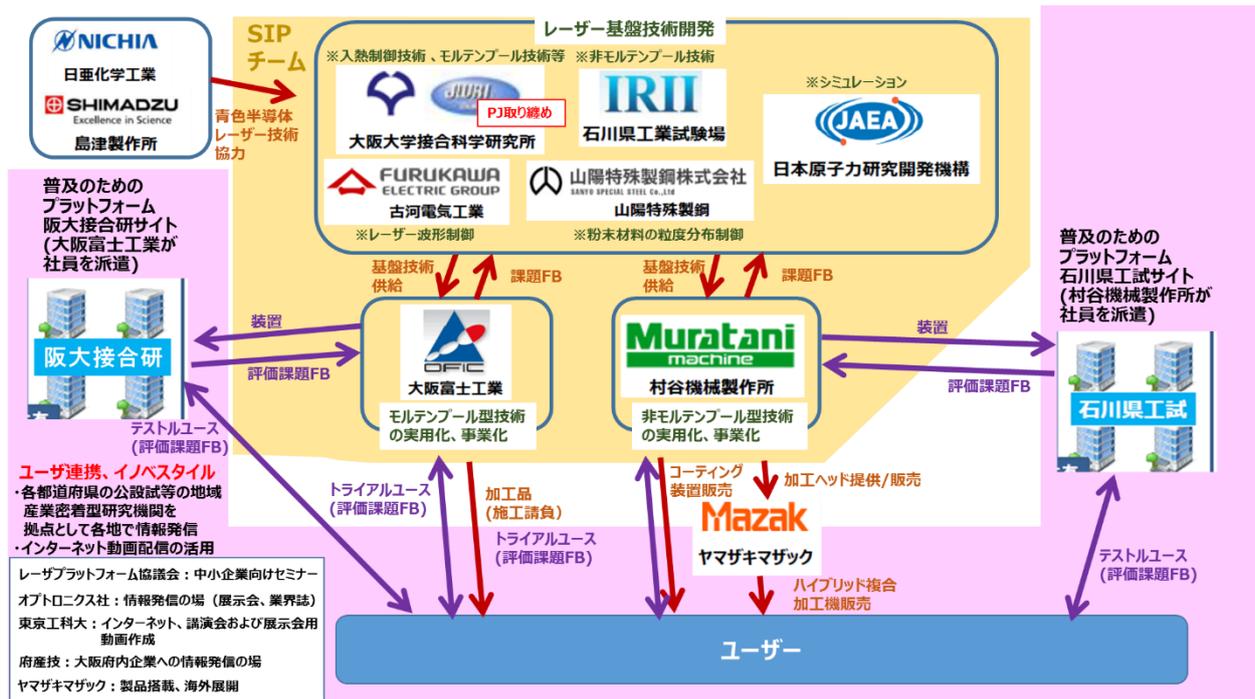
①展示会でのデモ、紹介：国際展示会 OPIE(OPTICS & PHOTONICS International Exhibition)に

- 出展（H27～H29）、JIMTOF2016（H28）、EMO Hanover 2018（ドイツ開催 H29）、国際ウェルディングショー（H30、予定）など。特に OPIE では、青色半導体レーザー、マルチカラー搭載装置など、最新の研究成果を一般に公開した。H30 も国際ウェルディングショーにて同様の展示を行う。
- ②公設試への出張デモ：大阪産業技術研究所（H27/9）、鹿児島工業技術センター（H28/12）に装置を持ち込み、紹介デモを実施。石川県工業試験場には H28 から開発したコーティング装置試作機を設置。SIP 外の企業も使える環境を整えた。
- ③学会発表：「国内」レーザー加工学会、レーザー学会、溶接学会、応用物理学会の講演会、「海外」The International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics(ICALEO)、Lasers in Manufacturing (LiM)、Photonics West 等で発表。
- ④研究会+合宿：塚本教授は年に 1 回の頻度で、研究会+合宿での討論会を開催している。ここでは、最新技術の紹介のほか、本 P J 参画企業のライバル関係にある会社も同席して、レーザーコーティングについて議論を行う。大学の先生が主催しているため、企業も参加しやすい。ターゲットが明確であるため、目的意識のある企業しか集まらない。企業は大体同じようなことで悩んでいることが多く、それが解決できれば価値が高く、そういったニーズの収集も行っている。本活動は、SIP 開始以前から実施しているが、SIP 期間では、H27/2、H28/2、H29/3 に開催した。

このような活動を通じて、1 年目に開発したマルチレーザー加工ヘッドを紹介したところ、「事業化を真剣に考えている、購入したい。プロジェクトに協力するから。」「実際に組み込み装置化したい。製品化を希望。プロジェクトが終わるまで待てません！」といった反応があった。その中でも製品化の意欲が高いヤマザキマザックと、H27 初頭から協議を開始し、開発したマルチレーザーの加工ヘッドを提供することを H27 末に合意した。ヤマザキマザックでは、H28 初頭から評価を開始、十分な性能、信頼性を有していることが確認でき、自社製品への組み込みを H28/3 に決定した。ヤマザキマザックは、JIMTOF2016 でのハイブリッド複合加工機「INTEGREX i-200S AM (M-LMD 仕様)の公開を決定し、直前の H28/11 にニュースリリースを行い、同月に開催された JIMTOF2016 で展示した。また H29/9 にはドイツで開催された国際工作機械見本市 EMO Hannover に出展した。

## 2) 開発のタイムライン（詳細別紙）

### 3) 開発形態ダイアグラム



### 4) 成功要因と課題

- ・グローバルベンチマークを行い、目指す地点を明確にした。グローバルの展示会や主要レーザー加工機メーカーを訪問して世界の動向調査を実施した。H28年度には、レーザー加工学会主催の「Smart Laser Processing Conference 2016 (SLPC2016)、2016年5月17日-19日、パシフィコ横浜」にてSIPレーザーコーティングPJリーダーの塚本がプログラム委員長を務め、海外の主要なレーザー加工の研究者（企業や研究機関）を招待することで、世界のレーザーコーティングについて議論するとともに、同時開催の展示会「Optics and Photonics International Exhibition 2018 (OPIE2018)、レーザーEXPO、2016年5月18日-20日、パシフィコ横浜」にて「SIPレーザーコーティング」ブースにも来ていただき、開発した装置が動いているところを実際に見ていただいた。様々な意見や情報をいただくことで、国内外の市場まで考えた上で、目標を更新してさらに高みを目指した。また、上述した活動を通じて、フラウンホーファー研究所やトルンプ社等のキーマンとなる技術者、企業の経営者等とのコネクションを作った。H30年4月24日-26日にパシフィコ横浜で開催されるSLPC2018では、SIPレーザーコーティングPJリーダーの塚本が議長を務め、前回同様に主要研究者を招待することになっている。
- ・目的意識のある企業と、従来から関係性を築いておいた。
- ・成果を早めに公開し、産業界に展開した。本気になってやってくれる企業を見つけた。
- ・体制としては、中立機関、本課題では大学がトップで推進した。企業がトップだと、特に競合相手には言えないこともある。どの企業も同じようなことで悩んでいるので、それを解決すれば、日本全体への波及も大きい。
- ・大阪富士工業は大阪大学接合科学研究所に共同研究部門を設置しているので、公的機関でのユーザー連携普及活動が行える。（普及のためのプラットフォーム：阪大接合研サイト）
- ・村谷機械製作所は石川県工業試験場に共同研究実験室を設置しているので、同様に公的機関でのユ

ーザー連携普及活動が行える。(普及のためのプラットフォーム：石川県工試サイト)

- ・普及のためには、装置を複数造っていくつかの公設試に設置するのが有効と考えられるが、その予算確保は課題である。

#### 5) 場・仕組みからの FB

H28 年度からは、大阪大学接合科学研究所に設置した阪大接合研サイトを拠点に、大阪府を中心とした大企業や中堅中小の SIP 外企業による開発した技術・装置活用を開始し、石川県工業試験場に設置した石川県工試サイトでは、石川県を中心とした中堅中小の SIP 外企業での技術・装置活用を開始している。そこで出てくる課題に対しても、H30 年度の研究項目に反映していく予定である。

