

長岡エリア

都市エリア産学官連携促進事業(一般型)自己評価書

【長岡エリア】(特定領域: ナノテクノロジー・材料)

総括

都市エリア産学官連携促進事業(長岡エリア)では企業と大学、県が互いに連携してマグネシウム合金の次世代型製品開発に関する知的クラスターを形成し、環境にやさしい新マグネシウム合金の開発及び新加工技術の確立、さらに当該地域において研究開発成果の事業化を推進し、地域産業の高度化や活性化に貢献することを事業目標として、共同研究事業、研究交流事業および事業成果の普及事業等を実施した。これにより、高品質なマグネシウム合金及びその加工技術において全国的にも先進性の高い研究開発体制の構築並びに関連学会・業界に有益な研究成果が得られたと共に、当該分野における専門家・企業が一同に会した産学官連携研究基盤が構築されるなど大きな事業成果が得られた。

共同研究事業では、「マグネシウム合金の次世代型製品開発」を統合テーマとして、長岡技術科学大学を中心として長岡工業高等専門学校、新潟工科大学および県工業技術総合研究所と長岡エリア22社の企業が参画して研究を実施した。

その成果としては、論文57件、国際会議35件と特許10件が挙げられる。事業化については2件が企業と検討を始めることができた。

テーマ1「難加工性金属材料の低環境負荷製造技術の開発およびその LCA 評価」は既存の AZ31 合金圧延薄板材の異方性を把握し、その成形プロセスへの展開に目途が立った。さらに、Mg-Al-Zn 合金圧延板における Al、Mn 量の増加により、目標値である引張強さ×延性が 7500MPa 以上に対して、引張強さ×延性が 7650MPa と目標値を達成している。表面処理性、意匠性および耐食性への Al-Mn 化合物の影響を把握するとともに、今後の改善方法の目処が立った。AZ91D に関して焼結性、Si との反応性の検討が完了し、特定の合金に対し、リサイクル技術を確立した。また、グリーンプロセス化の評価を基礎データとして既存プロセスの LCA 評価を行った。

テーマ2「環境調和型表面機能付与技術の確立」は加工面に無理な力の発生しない加工システムとして、低・定荷重送り機構を採用した新型研削盤及び、チャック・スライダ・砥石の開発を設定した。また、開発した機械と工具により、マグネシウム合金の最適研削条件を確立した。この研削システムは軟らかい材料から硬い材料まで有効なシステムとして、IT 産業を中心として多くの企業から注目されている。

テーマ3「モニタリング援用型高精度金型加工技術の開発」は超音波援用加工機を導入し、加工実験を行った。その結果、機械加工のみによって金型鋼を鏡面仕上げすることが可能になった。また、モニタリング機能として電着工具の外形測定用実験装置を構築し、動作プログラムを組んで擬似工具について、データを収集し、有効直径による寸法管理方法を確立した。特に超音波加工を現象として解明したことにより、多岐に渡る加工に応用することが可能となり、金型業界を中心として多くの企業から注目されている。

テーマ4「金型加熱および工具冷却を利用した高速金型加工技術の開発」は既存装置を改造し、工作物局部加熱と工具局部冷却の工作機械を製作し、本手法の実切削実験を行った。本手法の有限要素法解析による定性的・定量的評価も行い本研究テーマの有効性を確認した。この結果、工具冷却で4倍、ワーク加熱で40%の効率アップが可能となり、合わせて6倍の加工効率アップを達成した。また、ワーク加熱と工具冷却にともなう工作物熱変形をキャンセルするための3D-CAD/FEM/CAM システムを構築した。

テーマ5「次世代型レーザー・放電加工による微細形状付与・高速高精度切断・局所機能化技術の確立」は金型材料を中心とする各種難加工性材料のレーザー微細加工技術として、フェムト秒レーザーによる超硬、SKD-11 材の穴あけ加工を行い、穴径、20~30 μ m、アスペクト比4~5 の穴あけ加工が可能となった。また0.5mm角のポケット加工を行い高精度な微細形状加工を実証した。さらに、放電加工による微細加工、表面改質技術を検討するため新機能を持った放電加工機を試作し、絶縁性セラミックスに対する放電加工を行い、表面粗さがRa=0.02 μ mの表面を得ることができた。ファイバーレーザーによる各種金属材料の切断試験を行い、熱影響の少ないプレス製品の高精度切断技術を開発した。上記5テーマで新規性のある技術について合計10個の特許申請を行なっている。これらの技術を利用した共同研究の提案が多数出ているので、事業化に向けた取り組みを今後行なう。

また、研究交流事業の取り組みとしては、産学官連携基盤構築を目的として、長岡技術科学大学のシ

ーズと地域企業のニーズのマッチングを図り、事業化を促進するために産学官交流会の開催に注力した。更に当該地域に本事業を発展的に継続して推進するための組織として「新潟県マグネシウム合金事業化推進協議会」を平成19年1月に設立した。本協議会の特徴は県外の最終ユーザーを多く会員としているところである。今後も全国のマグネシウム合金事業化を目指す熊本県、大阪府、岡山県、茨城県等と一体となった全国的な組織に発展させたい。

事業実施の背景

1. 地域性

長岡市とその周辺には、金属加工・機械加工を中心とする多彩な地場産業を背景として、金属製品製造業、一般機械器具製造業、電気機械製造業、繊維工業等をはじめとする工業が集積している。

長岡圏域の工業出荷額は新潟県全体の概ね4割を占めており、本県随一の工業集積地域である。特に、金型加工およびチタン合金、ステンレス鋼、マグネシウム合金等の製造分野では、東京の大田区、大阪の東大阪市と並び賞されるほどの高い技術ポテンシャルを有していると言える。

近年の景気低迷、中国などの海外企業との競争により、本県産業の活力を将来にわたり維持・発展させていくためには、新たな産業の創出、既存産業の高度化に着実に取り組む必要があり、本県においても、(財)にいがた産業創造機構や新潟県工業技術総合研究所等が連携して、技術、人材の各面において事業化支援を実施してきたところである。

長岡技術科学大学を中心とした産学官連携は活発で、当該エリアの企業とマグネシウムなどの先端材料開発、難加工性材料開発の実績は多い。

本事業では、これらの長岡技術科学大学を中心とした産学官連携を一層推進し、当該エリアでの新事業創出と研究開発型の地域産業育成を図ることとした。

2. 特定領域のポテンシャル

長岡市とその周辺には長岡技術科学大学、長岡工業高等専門学校、新潟工科大学が集積しており、産学官連携による技術開発や製品開発を行ってきた。

特に長岡技術科学大学は昭和51年の創設以来、地域に貢献する工学系大学として、「技学」すなわち「現実の多様な技術対象を側面から捉え直し、それによって技術体系を一層発展させる技術に関する科学の創出」を目指し、新潟県のみならず全国に技術者を多く輩出してきた。

また、長岡技術科学大学を中心とした産学官連携は活発で、当該エリアの企業とマグネシウムなどの先端材料開発、難加工性材料開発の実績は多く、これらの分野の研究開発のニーズも高く、マグネシウム合金のプレス成形や金型設計・加工に関する多数の産学官連携による共同研究をさらに押し進め、当該エリアでの自動車部品、電子機器筐体等をターゲットとした軽量・高性能マグネシウム合金部材創製、高速・高精度・高機能金型加工技術等の新たな先端材料加工関連産業の創出を目指した。

また、新潟県工業技術総合研究所と長岡技術科学大学が中核となって、全国に先駆けて平成11年からマグネシウム合金の実用化技術に取組みマグネシウム合金を用いた製品化など一定の成果を得た。

さらに、長岡技術科学大学は平成14年度からはじまった文部科学省の21世紀COEプログラムの化学・材料科学分野で、15大学21拠点の一つとして、日本海側では唯一採択されるなど、高い評価を受けており、この領域におけるポテンシャルは高いと言える。

- ・長岡エリアの周辺の大学、高専、専修学校の数:10校
- ・長岡エリアにおける製造関連企業数(平成18年12月現在)
 - 金型関連企業: 57社
 - 機会関連企業: 1,920社
- ・長岡技術者協会: 会員数198人

事業目標および計画

1. 事業目標

本事業では、「マグネシウム合金」の材料開発、周辺加工技術開発について、学官の有する技術シーズをもとに、すでに築かれている産学官連携による共同研究を一層推進するとともに、今以上に広範な工科系大学・高専および公設試の研究者や企業を取り込んだ産学官連携という新たな展開を図る。具体的には、すでに新材料開発や材料加工プロセスの開発、あるいは環境ライフサイクル評価において実績ある長岡技術科学大学工学部や(独)物質・材料研究機構との産学官連携による「共同研究事業」を推進し、産業化に結びつく技術シーズの創出に重点を置きながら、従来以上に他大学・高専、材料加工・表面改質メーカー、公設試験研究機関との産学官連携を推進するため「研究交流事業」を実施し、当該事業の終了時には当該エリアにおいて幅広い研究者・技術者から成る産学官共同研究を実施できる体制を構築することを目標とする。

最近、地球環境問題等から自動車の軽量化を目的として、欧米および国内においてトランスミッションケース等のパワートレイン系部品へ応用可能なダイカスト用耐熱マグネシウム合金の開発競争が活発化している。ドイツのフォルクスワーゲンがマグネシウム合金を自動車のエンジン回りおよびボディに応用し、総重量 290kg の超軽量なコンセプトカーを作り、燃費 0.89l/100km という驚異的な記録を達成している。一方、国内では電子機器の筐体へのマグネシウム合金の適用が進み、軽量化による携帯性を高めている。このような構造部材の軽量化はエネルギー使用効率および携帯性を改善することから、今後さらに促進されるものと予想される。このような状況のなかで、構造材料として使用できる高靱性、高強度な新マグネシウム合金の開発と、その材料を製品にするための加工技術の開発を目標とする。

2. 事業計画

(1) 全体事業計画

研究交流事業

- a. 科学技術コーディネータを設置し、大学、企業との連携のための情報収集、産学官交流会の開催、可能性試験の実施などにより新たな共同研究テーマの探索等を行う。
- b. 共同研究テーマに関連した研究会を開催する。

共同研究事業

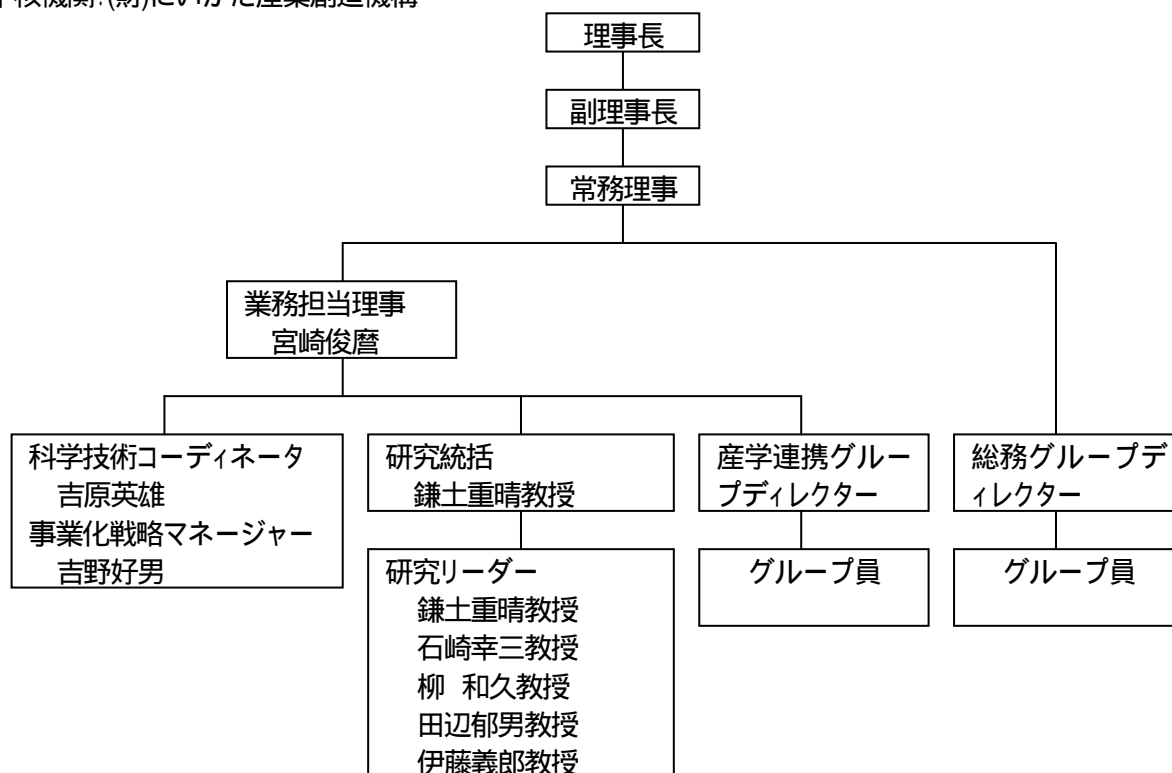
- a. 難加工性金属材料の低環境負荷製造技術の開発およびその LCA 評価
- b. 環境調和型表面機能付与技術の確立
- c. モニタリング援用型高精度金型加工技術の開発
- d. 金型加熱 & 工具冷却を利用した高速金型加工技術の開発
- e. 次世代型レーザー・放電加工による微細形状付与・高速高精度切断・局所機能化技術の確立

地域の取り組み

- a. パンフレットの作成、講演会等の開催
- b. 共同研究の研究成果発表会の開催
- c. 共同研究の進捗管理とアドバイスを行う評価委員会の開催
- d. 「新潟県マグネシウム合金事業化推進協議会」の設立
- e. 科学技術コーディネータの設置

(2) 実施体制
事業推進体制

中核機関: (財)にいがた産業創造機構



参画機関(共同研究参画機関)

	産	学	官(公)
基本計画	株式会社 ツバメックス マコー株式会社 株式会社 日立金属 MPF 株式会社 中野科学 株式会社 東京ロストワックス工業 株式会社 ナノテム ツインバード工業株式会社 八海クリエイツ株式会社 日本精機株式会社 ユニオンツール株式会社 サンアローモバイルデバイス株式会社 倉敷機械株式会社 株式会社 ワンロード 株式会社 東陽理化学研究所 板垣金属株式会社 株式会社 野島製作所 テラノ精工株式会社 株式会社 武田金型製作所 田辺プレス株式会社 株式会社 アクティブ 株式会社 南雲製作所 財団法人 新潟県県央地場産業振興センター	長岡技術科学大学工学部 新潟工科大学工学部 長岡工業高等専門学校 東京大学大学院工学研究科 東京大学先端科学技術研究センター	新潟県工業技術総合研究所 独立行政法人物質・材料研究機構 エコマテリアル研究センター -
現時点	同上	同上	同上

(3)共同研究

共同研究

当該事業の「共同研究事業」では、統合的課題として「マグネシウム合金の次世代型製品開発」とし、強くプレス性の良いマグネシウム材料の開発とともに、その材料を用いた製品を作成するための周辺技術を開発することを目的とした。

具体的には、下記の5テーマを実施した。

【テーマ1】「難加工性金属材料の低環境負荷製造技術の開発およびそのLCA評価」

200 以下でも限界絞り値 3.2 以上の成形性に優れ、かつ高強度・高延性な素材(引張強さ×延性が 7500MPa 以上)の開発およびその成形技術(深絞り、張出し、曲げ等)の構築。リターン材、スクラップ材の性状に合わせた最適なりサイクル技術の構築。既存の重クロム酸を用いた化成処理以上の耐食性と意匠性、機能性の高い表面改質技術の確立およびその技術の量産体制の実現。

【テーマ2】「環境調和型表面機能付与技術の確立」

研削・研磨技術は、表面処理の前工程から製品の仕上げ工程にいたるまで多くの工程に関与する基盤技術である。今後、高付加価値製品を生産するにあたり研削能率と表面精度を同時に実現する必要がある。そのために加工面にかかる力を極力抑えかつ一定とすることができる新発想の定圧送り研削盤を開発する。また、新型研削盤に適した研削砥石を開発し、研削砥石の加工性能のデータベースを構築する。

【テーマ3】「モニタリング援用型高精度金型加工技術の開発」

情報家電製品の機能部品を対象とした小形精密金型においては、ますます形状が複雑化し、同時に高い幾何学的精度も要求されるようになった。工作機械の運動誤差に加えて、切削工具とその装着精度に起因した切れ刃の回転振れ回りは高精度加工の阻害要因となり、また工具寿命の短命化あるいは早期の工具折損をもたらすとして問題視されている。一方で、金型仕上げ面性状は超平滑化の傾向にあり、切削加工後の最終仕上げ工程の省力化と高精度化は永遠の技術開発課題である。本研究は、一連の金型加工において盲点となっている各種工具の幾何学的精度と運動誤差を機上で計測評価する実用的な方法を開発するとともに、最終仕上げ工程として超音波による高周波振動研磨法の開発を行なう。

【テーマ4】「金型加熱&工具冷却を利用した高速金型加工技術の開発」

携帯電子機器の筐体、あるいは自動車のボディのような複雑な自由曲面を持つ製品の金型製作の場合には、材料がSKD材などの高硬度材であり、途中で工具交換とそのための段取り作業を与儀なくされることが短所として挙げられる。そのため、十分な長さの工具寿命を確保するとともに、難削材料に短時間できわめて複雑な加工ができる技術開発が必要である。それに対して、本開発では、工作物局部加熱と工具局部冷却の併用によって、軟らかい工作物を硬いまの工具で切削する理想的な高速・高精度省エネルギー切削、つまり難削材をアメ細工のように加工できるシステムを開発する。

【テーマ5】「次世代型レーザー・放電加工による微細形状付与・高速高精度切断・局所機能化技術の確立」

フェムト秒レーザー、UVレーザー、ファイバーレーザーなどの次世代型レーザーと先端的放電加工による、難加工性金型材料の微細加工、微細形状付与技術、および表面改質・複合化による局所機能化技術、およびそれらを複合した精密微細金型製造技術の確立とグリーンプロセス化を図る。また、ファイバーレーザーによる極めて小さな切断幅での高速、微細、省エネルギー切断技術及び穴あけ技術を開発する。

可能性試験

消防研究所では消防用小型ロボットの開発を進めており、人間が入り込めないような場所へ無人で出向き、長時間消火活動が出来るような軽量の構造体が必要とされている。そこで、本研究では、構造用金属材料中で最も軽量で、比強度が高く、かつ信頼性の高い新規開発高比強度・高延性マグネシウム合金の応用の可能性を調べる。具体的には以下の内容を実施する。

- a、プレス、鍛造等を用いたクローラ移動ロボット「FRIGO - D」の足回り部品および筐体へのマグネシウム合金の応用
- b、陽極酸化処理等による新規マグネシウム合金への環境調和型高耐食性表面処理技術の展開

事業成果等

1. 産学官連携基盤の構築状況

本事業では、研究テーマ毎に研究会を開催すると共に、マグネシウム製品産業の創出を目的とした産学官交流会を開催してきた。

(1) 研究会

- ・テーマ1「難加工性金属材料の低環境負荷製造技術の開発およびそのLCA評価」
H16年度: 会員数26名、1回開催 H17年度: 3回開催 H18年度: 2回開催
- ・テーマ2「環境調和型表面機能付与技術の確立」
H16年度: 会員数11名、1回開催 H17年度: 3回開催 H18年度: 2回開催
- ・テーマ3「モニタリング援用型高精度金型加工技術の開発」
H16年度: 会員数10名、1回開催 H17年度: 3回開催 H18年度: 2回開催
- ・テーマ4「金型加熱および工具冷却を利用した高速金型加工技術の開発」
H16年度: 会員数9名、1回開催 H17年度: 3回開催 H18年度: 2回開催
- ・テーマ5「次世代型レーザー・放電加工による微細形状付与・高速高精度切断・局所機能化技術の確立」
H16年度: 会員数27名、1回開催 H17年度: 3回開催 H18年度: 2回開催

(2) 産学官交流会(「Mg合金の次世代型製品開発を目指す産学官交流会」)

- ・ H16年度 : 2回開催、延べ参加者数153名
- ・ H17年度 : 3回開催、延べ参加者数193名
- ・ H18年度 : 3回開催、延べ参加者数200名

これらの取組により、県内をマグネシウム製品の一大基地にしようという機運が醸成され、長岡技術科学大学の小島学長の呼びかけのもと、金型業界、大学材料研究者、機械系研究者、企業、行政などを構成員とする「新潟県マグネシウム合金事業化推進協議会」(会長:小島 陽)が平成19年1月に設立された。

2. 研究開発

(1) 進捗状況

前述のとおり、当該事業における研究開発は、統合的課題として「マグネシウム合金の次世代型製品開発」とし、強くプレス性の良いマグネシウム材料の開発とともに、その材料を用いた製品を作成するための周辺技術を開発することを目的とした、下記の5テーマを実施した。それぞれの進捗状況は下記の通りです。

【テーマ1】「難加工性金属材料の低環境負荷製造技術の開発およびそのLCA評価」

熱間圧延中に生じるMg₁₇Al₁₂相の動的析出、Al-La系化合物の微細分散を付与することにより、均一微細、かつ等軸な動的再結晶粒を形成し、目標値である引張強さ×延性が7500MPa以上となる高強度・高延性を発現するとともに、200以下でも既存アルミニウム合金および炭素鋼並のプレス成形性が得られることを明らかにした。新規開発合金の2mm以上の圧延板材の室温および高温引張特性、プレス成形性を評価し、十分な特性が得られること、Mn添加量を0.3%とすることにより素材の耐食性も向上することを明らかにした。その素材を用いた消防用ロボット用部材作製および陽極酸化処理条件の確立を可能性試験で進めている。また、B₂O₃と切削粉を用いたPECSにより、超電導物質であるMgB₂が分散した複合材が得られることを確認した。さらに双ロール鑄造等の上工程における技術革新を考慮したLCA解析も進め、マグネシウム合金製造プロセスのグリーンプロセス化へ向けた指針を導出した。

【テーマ2】「環境調和型表面機能付与技術の確立」

マグネシウム合金加工用低・定荷重送り機構研削盤を設計・試作した。この新型研削盤は、本事業で開発している多孔質ダイヤモンド砥石の通気性を生かし、砥石面から冷却水を供給可能である。砥石面からの冷却水の供給量を変化させることにより、加工速度と加工面粗さを制御することが可能となった。また、砥石に用いる砥粒サイズ、砥粒を保持する母材などを変化させた砥石を作製し、様々な加工条件(研削抵抗、切り込み深さ、砥石速度など)における加工状態(加工能率、被研削エネルギー、表面粗さなど)を実験的に明らかにした。これら結果を基に、加工工具の設計指針を得るとともに、新しい加工方法の提案を行う。

【テーマ3】「モニタリング援用型高精度金型加工技術の開発」

超音波振動の効果によって、工具には砥粒の脱落が発生せず、ダイヤモンド工具の優れた特長を鋼系材料の加工に適用できることを確認した。実用的な金型加工への展開を考え、三自由度曲面の加工を行った。マシニングセンタの各軸に対して傾斜した平面や曲面を仕上げ加工した結果、鏡面が得られた。また、高速スピンドルの偏心と回転振れ回り軌跡の同定を行う2軸型スピンドル回転振れ測定装置を製作し、性能試験の結果、有効性を確認した。さらに小径工具のプロファイルの光学的計測技術の開発を行い、振れ回り軌跡との組み合わせにより加工後の表面性状のシミュレーションを行えるシステムを構築した。また、共焦点型顕微鏡による砥粒表面の形状測定時に発生する異常値データの補正処理プログラムを開発した。

【テーマ4】「金型加熱&工具冷却を利用した高速金型加工技術の開発」

ヒートパイプ機能を備えたダイヤモンドボールエンドミルの開発と内部媒体の最適調合を行い、超硬 V10、SKD11(冷間)、SKD61(熱間)の3材料に関して、金型加熱&工具冷却を利用した高速金型加工技術の有効性を評価した。また、表面粗さ $Rz = 20 \mu m$ を $Rz = 2 \mu m$ まで改善するスパークアウト切削技術を開発した。新ラップ工具とそのシステムを開発により、金型の新鏡面加工技術の構築し、開発した各装置、ソフトウェアを統合システム化し、本開発システムを完成させた。本システムの総合評価実験を行い、工具寿命5倍、加工速度2倍、表面粗さ $Rz = 0.1 \mu m$ 以下の鏡面を高速・高精度に仕上げることができた。

【テーマ5】「次世代型レーザー・放電加工による微細形状付与・高速高精度切断・局所機能化」

超硬の直接加工に対して、超短パルスレーザーによる加工の有効性を示し、加工量は限定されるものの、加工影響層が放電加工などと比べて格段に少なく、研磨などの後処理工程を省略可能であることを、実証した。放電加工については、難加工性セラミックスのサブミリスケールの加工技術を確立した。出力50Wの連続波のファイバーレーザーを導入し、マグネシウム合金(AZ31)およびステンレス鋼(SUS304)の微細加工について最適加工条件の把握を行った。さらに、ファイバーレーザー用い、具体的な企業の開発案件について試作を行った。超短パルスレーザーによる高硬度材の加工に関する特許申請を行った。

【可能性試験】

「新規開発高比強度・高延性マグネシウム合金のロボット部材への応用」

消防研究所では消防用小型ロボットの開発を進めており、人間が入り込めないような場所へ無人で出向き、長時間消火活動が出来るような軽量の構造体が必要とされている。そこで、本研究では、構造用金属材料中で最も軽量で、比強度が高く、かつ信頼性の高い新規開発高比強度・高延性マグネシウム合金の応用の可能性を調べる。具体的には以下の内容を実施した。

プレス、鍛造等を用いたクローラ移動ロボット「FRIGO-D」の足回り部品および筐体へのマグネシウム合金の応用

陽極酸化処理等による新規マグネシウム合金への環境調和型高耐食性表面処理技術の展開

(2)研究成果等

主な研究成果

【テーマ1】

降温熱間圧延中に生じる $Mg_{17}Al_{12}$ 相の動的析出、Al-La 系化合物の微細分散を付与することにより、均一微細、かつ等軸な動的再結晶粒を形成し、高強度・高延性を発現するとともに、200 以下でも既存アルミニウム合金および炭素鋼並のプレス成形性が得られることを明らかにした。また、目標値である引張強さ×延性が 7500MPa 以上に対して、現在、Mg-5.5mass%Al-0.15%Mn 添加合金は引張強さ 295MPa、伸び 26%と引張強さ×延性が 7670MPa と目標値を達成した。

【テーマ2】

マグネシウム合金の用途拡大のために新規な研削加工方法の提案を行った。マグネシウム合金加工用の新型研削盤が完成した。様々な加工条件下で実験を行い多くの結果が得られた。特に、新開発の多孔質ダイヤモンド砥石の特徴を生かした砥石面から冷却水供給では、冷却水量により加工結果が異なりなど、当初想定以上の結果も得られた。さらに新型研削砥石の実験データ収集も進み、マグネシウム合金の研削に適した研削砥石の設計指針を得ることができた。

【テーマ3】

金型加工の自動化および高精度化を目指して、新たな加工と計測の技術を開発できた。共同研究参画企業より、超音波援用加工により創成された鏡面は、射出成型用金型に使用できる表面性状を有すると判断され、実用的な金型製作まであと一步までたどり着けた。したがって、当初の目標を十分達成したと判断できる。また、試作した高速スピンドルの偏心と回転振れ回り軌跡の同定を行う2軸型スピンドル回転振れ測定装置とプロファイルの光学的計測技術とを組み合わせた加工後表面性状シミュレーション技術は、サブミクロンオーダーの加工時において重要な位置を占めると考えられる。

【テーマ4】

工業製品の短寿命化とコスト削減の要求にともなって、それを製作する金型の個数を少なくするために、高硬度材料の使用による金型の長寿命化がよく行われ、金型材料として SKD 材のみならず V10、V30 などのきわめて高硬度材が使用されることもよくあるようになってきた。この金型加工では放電加工が一般的であり、電極加工の必要性、加工時間の長期化、クラックの発生にともなう金型欠損などが大きな問題となっており、本研究で開発した複数技術はこれらの対策として有効利用できると思う。

【テーマ5】

本研究で開発された、超短パルスレーザーによる高硬度金型材料の直接加工技術は、研磨などの後工程が不要で、加工油や洗浄液などを使用する必要がないので、環境負荷が少なく、金型加工のグリーンプロセス化が達成されたといえる。また、加工面に微細なテクスチャーを付与することもでき、金型の局所機能化につながる成果である。当初目標の主要な点はクリアできたと考える。ファイバーレーザーについては、いくつかの事業化案件について実用化へ向けた足がかりを得た。

【可能性試験】

クロール移動ロボット「FRIGO-D」の足回り部品および筐体をマグネシウム合金で製作する過程においてプレス、鍛造の技術を検証した。また、新規マグネシウム合金への表面処理技術として陽極酸化処理等の効果を確認した。

事業化事例、および事業化可能性が見出された事例

【テーマ1】

国内では市場規模約 500 万台のノートパソコンの筐体を始めとした高級感を持たせた携帯用電子機器への応用が拡大しつつあり、板材を用いた高性能化・低コスト化が進めば、高級車(約 350 万台)のボディパネル等への拡大も想定される。本テーマで取り組んだ高性能化、および表面改質技術はこれに大きく貢献するものであり、今後上工程となる双ロール連続鋳造等を用いた素材創製プロセスによる安価なスラブの安定供給が達成されれば、新潟県の圧延メーカーとの連携を図ることにより、県内を中心とした事業化は十分達成可能である。

【テーマ2】

研究成果の発表により、マグネシウム合金の新たな用途開発やマグネシウム合金を用いた製品

開発を目指す企業群との共同研究を推進する。また、開発した装置(新型研削盤)を用いた加工プロセスの事業化も推進していく。

【テーマ3】

地域産業向けの講演会・展示会において本成果を発表し、地域産業への技術移転を積極的に行う。現時点においては、下記の特許を申請した技術、装置について、関連企業3社から共同開発の打診があり、今後の事業化に向けて開発を進める。

音波振動援用加工機と電着工具の製作に関する特許、 振動状況を可視化する装置に関する特許、 小径工具の光学的プロファイル測定と振れ回り軌跡を組み合わせた加工後表面性状シミュレーション技術および 光学式3点法を適用した回転振れ測定技術

【テーマ4】

特許として「金型加熱&工具冷却を利用した高速金型加工技術の開発」、「ドブツケラッピングシステム」、「ラップ工具とそのラッピングシステム」の3つの特許は出願中であり、ホームページによる宣伝活動中であり、いつでも事業化が可能な状態である。

【テーマ5】

成果発表会等により地域産業への技術移転を速やかに行い、事業化を推進する。特に、申請した特許を基に、JST などの公募型開発資金への申請を、企業と共同して、積極的に行う。現在、いくつかの事業化の案件を検討しているが、さらに企業訪問等により、次世代型レーザー、放電加工の微細加工への応用について普及を行い、各企業における製品開発支援を進めていく。

その他特筆すべき成果

産学官交流事業において、各研究に対して様々な分野の研究者や企業による意見交換が行われた結果、当初想定した以外の分野において新たな事業化の可能性が見いだされた。具体的にはマグネシウム合金の表面加工に使用するために開発した低定圧研削盤と研削工具が硬い脆性材料の加工に対しても有効なことから、IT部品加工用システムとして製品化されました。また、超音波加工技術により硬い金型材料を鏡面加工することが可能となり、携帯電話関連企業に技術供与された。

3.波及効果

前述のとおり、本事業の実施により新潟県をマグネシウム部品生産の一大基地にしようという機運が高まり、「新潟県マグネシウム合金事業化推進協議会」が平成19年1月19日に発足した。

新潟県の県央地域は洋食器の生産基地として発展していたが、中国等の開発途上国の安価な製品に市場を奪われている。その減少した生産量を自動車、IT等の部品加工に業種転換することにより乗り越えてきている。この背景には長年培った加工ノウハウが世界的に評価されていることがある。これに加えて本事業で開発したマグネシウム材料及び加工技術でマグネシウム製品を開発することにより地域の発展に繋がる。

自己評価

1. 本事業での目標達成度に係る自己評価

(1) 事業目標について

事業提案では、長岡エリアの企業と大学、県が互いに連携してマグネシウム合金の次世代型製品開発に関する知的クラスターを形成し、新マグネシウム合金(強く、プレス性の良い材料)の開発、およびそれを製品化するための加工技術開発を行った。さらに当該地域において研究成果である加工技術や計測システムについて、地域産業の高度化や活性化に貢献することを事業目標として、共同研究事業、研究交流事業および事業成果の普及事業等を実施した。

共同研究事業では、産学官の29機関、73名の研究参画者のもと、新マグネシウム合金開発や新加工技術に関する研究が行われた結果、強靱でプレス性の良い画期的な合金材料や新しい加工技術(低定圧研削機械、超音波加工、熱特性利用加工)など多くの研究成果が得られたとともに、企業から数多くの新技術の利用提案がなされている。

研究交流事業においては、研究テーマ毎の研究会、工学系、製造系の研究者および企業との交流会を実施したことにより、当該地域におけるマグネシウム合金に対する関心が高まるとともに、高精度加工分野に関する研究開発の推進と産業化への取組が活発化され、長岡エリア研究機関および大学研究者、企業からなる「新潟県マグネシウム合金事業化推進協議会」が組織され、産学官連携研究基盤の形成がなされた。

本事業の実施により、長岡エリアがマグネシウム合金の次世代型製品開発に関する知的クラスターとしての要件(先端的研究の実施、産学官連携基盤の形成)を満たしつつあり、事業目標は概ね達成したと評価できる。

しかしながら、マグネシウム合金を自動車産業に代表される構造材として普及させるためには新マグネシウム合金を安定的に供給するための基盤構築や、より強固な表面処理の開発等に多大な費用と多くの時間が必要であることから、本事業の成果を事業化し、当該地域をマグネシウム製品の総合供給地域とするためには、大学研究機関と素材メーカーおよび関連製造業の連携による新技術開発と新材料データベース構築など今後更なる取組が必要である。

(2) 事業成果について

持続的な連携基盤の構築について

共同研究の円滑な実施と研究参加者相互の認識の共通化、知識の向上、情報共有化等を目的として、研究会を開催し、平成16年度、平成17年度、平成18年度の三年間で合計30回、延べ600名を越える参加があったり、着実な研究成果に結びついている。

また、事業開始後最初に行なった交流会で100人近い参加者があり、都市エリア事業の5つのテーマがそれぞれに長岡地域の企業にとって関心の持てるテーマだと期待されていた。このことから、交流会の目的を各テーマ毎に最先端の技術を紹介する場として、講師選定を行うと共に、講師・研究者・企業間の連携を高めるために、意見交換の機会を多く作ることにした。また、研究開発しているテーマが企業のニーズにマッチするようにコーディネートすることにより交流会への参加を大幅に増加することができた。

このような連携関係を自立的に継続するために、行政、研究機関、部品メーカー、素材提供企業、エンドユーザー等を会員とした「新潟県マグネシウム事業化推進協議会」を平成19年1月に立ち上げた。本協議会は事業化の推進のための情報、連絡、相談業務を行う業界主導型の内容となる予定である。

研究開発の成果について

【テーマ1】

降温熱間圧延中に生じる $Mg_{17}Al_{12}$ 相の動的析出、Al-La 系化合物の微細分散を付与することにより、均一微細、かつ等軸な動的再結晶粒を形成し、高強度・高延性を発現するとともに、200 以下でも既存アルミニウム合金および炭素鋼並のプレス成形性が得られることを明らかにした。また、目標値である引張強さ×延性が 7500MPa 以上に対して、現在、Mg-5.5mass%Al-0.15%Mn 添加合金は引張強さ 295MPa、伸び 26%と引張強さ×延性が 7670MPa と目標値を達成した。

【テーマ2】

マグネシウム合金の用途拡大のために新規な研削加工方法の提案を行った。マグネシウム合金加工用の新型研削盤が完成した。様々な加工条件下で実験を行い多くの結果が得られた。特に、新開発の多孔質ダイヤモンド砥石の特徴を生かした砥石面から冷却水供給では、冷却水量により加工結果が異なりなど、当初想定以上の結果も得られた。さらに新型研削砥石の実験データ収集も進み、マグネシウム合金の研削に適した研削砥石の設計指針を得ることができた。以上、当初の研究目標を十分達成した。

【テーマ3】

金型加工の自動化および高精度化を目指して、新たな加工と計測の技術を開発できた。共同研究参画企業より、超音波援用加工により創成された鏡面は、射出成型用金型に使用できる表面性状を有すると判断され、実用的な金型製作まであと一步までたどり着けた。したがって、当初の目標を十分達成したと判断できる。また、試作した高速スピンドルの偏心と回転振れ回り軌跡の同定を行う2軸型スピンドル回転振れ測定装置とプロファイルの光学的計測技術とを組み合わせた加工後表面性状シミュレーション技術は、サブミクロンオーダーの加工時において重要な位置を占めると考えられる。

【テーマ4】

当初の予定どおりの研究成果を得ることができ、それに関連する特許を3件出願することもできた。また、その成果内容は当初の研究目的に良くあり、評価に値すると考える。

【テーマ5】

本研究で開発された、超短パルスレーザーによる高硬度金型材料の直接加工技術は、研磨などの後工程が不要で、加工油や洗浄液などを使用する必要がないので、環境負荷が少なく、金型加工のグリーンプロセス化が達成されたといえる。また、加工面に微細なテクスチャーを付与することもでき、金型の局所機能化につながる成果である。当初目標の主要な点はクリアできたと考える。ファイバーレーザーについては、いくつかの事業化案件について実用化へ向けた足がかりを得、事業の目的は概ね達成できたものと考えられる。

(3) 事業計画について

事業目標を達成するに妥当な事業計画であったか

事業計画に基づき、産学官連携研究基盤構築に向けた研究交流事業、新マグネシウム合金の開発及びそれを製品化するための加工技術確立に向けた共同研究事業を、中核機関である(財)にいがた産業創造機構および産学官の共同研究参画機関とともに実施した。

また、本事業計画実施にあたり科学技術コーディネータを設置し、共同研究事業の進捗にあわせて関連テーマを設定した研究会・交流会の開催や、長岡地域の関連企業に対する改良、開発ニーズ調査、地域企業における特色ある技術シーズなどの掘り起こしと研究開発成果の事業化に向けたコーディネート活動を行った。また、18年度には事業化戦略マネージャを配置し、全国の関連企業を訪問し、成果の事業化に向けた打合せを行った。

このように、共同研究事業と研究交流事業を有機的に連携し実施したことにより、共同研究事業において多くの注目すべき研究成果が論文・特許となり、材料、加工分野における学会・産業界の発展に寄与し、また研究交流事業を発端として当該地域内における継続的な産学官連携研究基盤としての「新潟県マグネシウム合金事業化推進協議会」が設立されるなどの事業成果に繋がった。

このことは、当該地域をマグネシウム製品に関する研究開発およびその研究成果の事業化に取り組むことによる地域産業の高度化・活性化に貢献するという事業目標の達成に対して適切な事業計画であったと評価できる。

しかしながら、新マグネシウム合金による構造材製品の開発には、新マグネシウム合金を安定的に

供給するためのシステム構築や、より強固な表面処理の開発等の本事業実施期間内では達成できない課題が残った。

今後は、本事業の実施を通じて明らかになった課題や、新たに見出された研究成果の発展性を考慮し、長岡エリアにおける本事業の最終目標であるマグネシウム合金の次世代型製品の供給基地の実現に向けた発展型事業計画の立案と推進が必要である。

事業目標を達成するに妥当な資源配分(資金、人材等)であったか

人材面では、科学技術コーディネータ2名(常勤1、非常勤1)を配置し、中核機関の技術系、事務系職員がそれを支援する体制を構築した。さらに最終年度には中核機関に技術系専門職員を配置し事業化に努力した。また、共同研究に関する研究統括、研究リーダーを配置し、各テーマとも工学系研究者、企業の研究者等による研究体制をとったことから、妥当な配分であったと評価できる。

資金面においても、年度ごとにプライオリティーを考慮した配分をした。具体的には、研究交流事業では16年度、17年度は産学官交流会の開催に資源を多く投入し、持続的な産学官連携基盤を構築した。17年度、18年度には研究成果の特許化にも資金を配分し、特許化を推進した。共同研究事業においても、各研究の進捗状況等に応じて研究費の配分を決定した。

このように、効率的な資源配分により事業目標の達成に向けた取り組みを進めることができた。

2. 地域の実践

(1) 自治体等の取組

県は、平成14年度に「県央地域アクションプラン」にマグネシウム合金製品の实用化技術・事業化促進を取り上げ平成17年までマグネシウムの加工技術開発を実施した。これを第一歩として板素材製造技術開発や大型プレス金型設計技術開発等のプロジェクトを支援してきた。結果、本事業の推進は県内産業活性化に有効と判断し、本地域をマグネシウム合金の次世代型製品の供給基地にすべく平成16年度から重点施策として「マグネシウム合金の次世代型製品開発事業」を県のプロジェクトとして位置付け基盤整備も含め推進することになった。このような背景から、本事業は正にこのプロジェクト推進のおおもとをなすものであり極めて有効な手段であった。

すなわち、本事業の実施が地域企業のマグネシウム合金への関心を高めるとともに、製品化のための新加工技術が企業の活性化に繋がった。これに県の開発補助金(ゆめ、わざ、ものづくり補助金等)など各種の施策が有効に活用され、更に、これが「新潟県マグネシウム合金事業化推進協議会」の設立に結びつき多様な連携がマグネシウム製品供給基地への気運醸成につながっている。

- ・ (財)にいがた産業創造機構が新産業創出を目指し、「新潟県マグネシウム合金事業化推進協議会」設立。(19年1月)

(2) 関係府省との連携

産学官交流会を通じて提案された案件のうち、経済産業省の「地域新生コンソーシアム研究開発事業」へ1件平成17年度に申請し採択されました。またJSTの「実用化のための研究課題」に平成18年度に採択された。

- ・ 高度塑性加工技術による車両用軽量シートフレーム部品の開発
- ・ 金型の型彫りおよび鏡面仕上げ加工のための超音波援用研削スピンドルの実用化

この他にも、県・市の研究開発補助事業等への提案、採択されたもの、JSTの「シーズ育成試験」への提案、採択されたものがあり、以前にも増して材料や加工技術の研究開発が盛んに行われるようになった。

今後の取組

1. 産学官連携基盤の構築について

19年1月に組織した、長岡エリア研究機関および大学研究者、企業からなる「新潟県マグネシウム合金事業化推進協議会」を地域の組織や機関と連携させることにより産学官連携基盤を強化する。18年度に立ち上げた「長岡地域地場産業アクションプラン」は企業・ベンチャーが次々と生まれ、集まり、育つものづくりの拠点地域を10年後のあるべき姿に揚げており、その実現を目指して「長岡産業活性化協議会/NAZE」を推進母体として産学官が一体となって推進する事業です。このNAZEの機関と「新潟県マグネシウム合金事業化推進協議会」が連携しマグネシウム新製品の事業化を推進する。

2. 研究開発について

長岡エリアの企業と大学、県が互いに連携してこの事業成果の新マグネシウム合金(強くて、プレス性の良い材料)を使用した新製品開発を行う。さらに当該地域において研究成果である加工技術や計測システムについて、地域産業の高度化や活性化に貢献することを事業目標として、共同研究事業、研究交流事業および事業成果の普及事業等を実施する。

しかしながら、マグネシウム合金を自動車産業に代表される構造材として普及させるためには新マグネシウム合金を安定的に供給するためのシステム構築や、より強固な表面処理の開発等に多大な費用と多くの時間が必要であることから、本事業の成果を事業化し、当該地域をマグネシウム製品の総合供給地域とするためには、大学研究機関と素材メーカーおよび関連製造業の連携による新技術開発と新材料データベース構築など今後更なる取組が必要である。