

「マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト」

事後評価報告書（案）概要

目 次

分科会委員名簿	1
プロジェクト概要	2
評価概要（案）	8
評点結果	18

独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 研究評価委員会
「マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト」(事後評価)

分科会委員名簿

(平成23年11月現在)

	氏名	所属、役職
分科会長	まつおか しんいち 松岡 信一	最高裁判所 知的財産高等裁判所 専門委員/ 明治大学理工学部 兼任講師
分科会長 代理	かわむら よしひと 河村 能人	熊本大学 大学院自然科学研究科 複合新領域科学専攻 教授
委員	たけばやし よしき 武林 慶樹	株式会社神戸製鋼所 アルミ銅事業部門 技術部 製品企画室 主任部員
	もり ひさし 森 久史	公益財団法人 鉄道総合技術研究所 材料技術研究部 主任研究員
	みうら ひろみ 三浦 博己	電気通信大学 情報理工学研究科 知能機械工学専攻 准教授
	むしあけ もりゆき 虫明 守行	森村商事株式会社 金属事業部 テクニカルマネージャ
	やなぎもと じゅん 柳本 潤	東京大学 生産技術研究所 高次機能加工工学研究室 教授

敬称略、五十音順

プロジェクト概要

最終更新日 平成 23 年 11 月 18 日

プログラム（又は施策）名	ナノテク・部材イノベーションプログラム		
プロジェクト名	マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト	プロジェクト番号	P06034
担当推進部/担当者	ナノテクノロジー・材料技術開発部 / 小川純一郎（平成 18 年 4 月～平成 20 年 9 月） ナノテクノロジー・材料技術開発部 / 土井秀之（平成 20 年 10 月～平成 22 年 4 月） 電子・材料・ナノテクノロジー部 / 古館清吾（平成 22 年 5 月～平成 23 年 3 月）		
0. 事業の概要	<p>マグネシウム合金は、構造用金属材料として最軽量で強度も高く、工業的利用の拡大が期待されている。しかし、室温での塑性変形が困難で、従来は主にダイカスト等の鋳造法で成形されてきた。一方、同合金の機械的強度は、結晶粒の大きさ等の微細組織に強く依存することから、高い強度や信頼性を有する部材を製造するためには、高度な組織制御が可能で生産性も高い鍛造法による成形技術の確立が必要とされてきた。</p> <p>本研究開発では、マグネシウム合金について、鍛造素材の組織制御、鍛造による成形プロセス及び微細組織制御過程を適切に組み合わせることで、機械的特性（強度、信頼性）の優れた複雑形状マグネシウム部材を成形できる、工業的に利用可能な鍛造技術の基盤を確立する。また、マグネシウム合金の工業的利用の拡大に不可欠なリサイクル技術についても、課題を抽出し、課題解決のための技術開発を行って、さらにはリサイクルシステムの提案と安全性評価を行う。</p>		
I. 事業の位置付け・必要性について	<p>【NEDOが関与する意義】 本プロジェクトは、『情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなど、あらゆる分野に対して高度化あるいは不連続な革新（ジャンプアップ）をもたらすナノテクノロジー及び革新的部材技術を確立するとともに、その実用化や市場化を促進することで、我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服等を可能とすること』を目的とした「ナノテク・部材イノベーションプログラム」の一環として取り組むものである。極めて広範囲な産業領域に波及する材料・部材領域について、ユーザー製造業等との連携（川上・川下連携）を促進するプロジェクト体制（垂直連携）で実施することで、高度な部材産業群の「すり合わせ力」を一層強化する。</p> <p>このような技術開発は、複数の研究機関及び企業の知見を結集する必要性が有り、民間の自主的取り組みでは難しい。したがって、NEDOの関与により、市場原理のみでは達成し得ない基盤技術の開発を重点的に実施することが必要である。</p> <p>【実施の効果（費用対効果）】 費用：【開発予算】に記載。 効果：マグネシウム合金採用率の高い分野の想定市場（2020年）として、 輸送機器分野 838億円 情報家電分野 400億円</p> <p>【事業の背景・目的・位置付け】 我が国において産学官を含む連携の強化（川上川下の垂直連携、材料創成と加工の水平連携など）を図ることで、次世代の部材分野での我が国のイノベーションを促進することが喫緊の課題となっている。</p> <p>マグネシウム合金は、その軽量性とリサイクルに要するエネルギー消費が少ない循環型素材としての可能性から、おもに自動車部品と家電製品において用途が拡大してきており、欧米や中国などの諸外国においてもマグネシウム成形技術開発が進められている。自動車ならびに家電分野は、日本が強みとする産業分野であり他産業への波及効果も大きい。それらの競争力の維持・強化を図るためには、世界をリードする国内のマグネシウム合金に関わる基盤技術、および金型設計、鍛造技術等の我が国ものづくり技術の優位性を活用して本事業を推進する。</p>		
II. 研究開発マネジメントについて			
事業の目標	<p>マグネシウム合金の鍛造特性を解明して、鍛造温度の低温化と鍛造品の高性能化を図ることと、マグネシウム合金のリサイクルについて、カスケードリサイクルから水平リサイクルに移行することを目指す。具体的な最終目標は以下のとおりである。</p> <p>○鍛造部材製造における素材特性、加工条件、部材特性の関連性を整理し、鍛造部材の評価方法を確立する。</p> <p>○鍛造用素材の組織の結晶粒子と変形機構との関係についてデータベース化を進め、鍛造加工マップとして整備し、鍛造温度低温化技術を開発するとともに、実用化レベルの部材として170MPa(10⁷回)の疲労強度を持つ構造用マグネシウム鍛造部材の最適な鍛造加工手順を導出するための鍛造組織形成技術の基盤技術を構築する。</p>		

	<p>○従来のカスケード型リサイクル(低品位素材へのリサイクル)に代えて、リサイクル材料が新材料と同等の特性を維持する市中スクラップリサイクル基盤技術の開発を行うとともに、総合的なマグネシウムリサイクルについての信頼性評価、データ集積を行う。</p> <p>○大量排出時を想定した市中回収品スクラップの前処理技術(分別、分離、不純物除去など)の課題抽出し、市中スクラップリサイクル基盤技術を提案する。</p> <p>○結晶(等軸状もしくは柱状)の平均粒径が50μm以下の凝固組織を持つ耐熱合金ビレットの連続製造技術を開発する。</p> <p>○耐熱部材として、締結フランジ部の構造に対し、現状マグネシウム構造部材として実用的な締結力維持を達成する複合鍛造技術を開発する。</p> <p>耐疲労部材として、アルミ鍛造部材レベルの実用部材が供給可能な鍛造技術を開発する。</p> <p>○リブなど複雑な突起物を有し、表面平滑度が高い複雑な形状の高精密大型実用部材の製造が可能な鍛造技術を開発する。</p> <p>○工場内スクラップの連続処理方式における表面付着物除去(含有炭素0.1%以下)を達成する技術開発を行う。併せて、新方式によるリサイクル方式の検証を行う。</p>						
事業の計画内容	主な実施事項	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	
	①マグネシウム試作鍛造部品の評価、解析、データ集積						→
	②マグネシウム合金鍛造加工における微細組織と変形機構との関連性の解明						→
	③マグネシウム合金のリサイクルに係る課題抽出						→
	④マグネシウム合金の鍛造用ビレット調整技術開発						→
	⑤マグネシウム合金の鍛造部材開発(輸送用機器、ロボット)						→
	⑥マグネシウム合金の鍛造部材開発(情報家電用機器)						→
	⑦マグネシウム合金のリサイクルに係る技術開発						→
開発予算 (会計・勘定別に事業費の実績額を記載) (単位:百万円)	会計・勘定	H18fy	H19fy	H20fy	H21fy	H22fy	総額
	一般会計	382	282	256	266	136	1322
	総予算額	382	282	256	266	136	1322
開発体制	経済産業省担当原課	製造産業局素形材産業室					
	プロジェクトリーダー	大阪府立大学大学院 教授 東 健司					
	委託先(*委託先が管理法人の場合は参加企業数も記載)	<p>【委託】独立行政法人産業技術総合研究所 (再委託 3大学) 財団法人素形材センター</p> <p>【助成】三協マテリアル株式会社 協業組合菊水フォーゼン 宮本工業株式会社 三井金属鉱業株式会社 株式会社カサタニ 株式会社タナベ</p>					

<p>情勢変化への対応</p>	<p>【情勢変化への対応】 平成 18 年度には、研究開発項目①マグネシウム試作鍛造部品の評価、解析、データ集積、②マグネシウム合金鍛造加工における微細組織と変形機構との関連性の解明、③マグネシウム合金のリサイクルに係る課題抽出、及び⑤マグネシウム合金の鍛造部材開発（輸送用機器、ロボット）の 4 テーマに研究加速財源を充て、基盤研究の充実と設備の前倒し導入による研究の加速と成果の向上を図った。さらに、平成 21 年度には助成事業に装置・試作金型導入を行い、実用化研究開発を加速させた。 実用化・事業化に向けたマネジメントとして、平成 21 年度に素材供給者である三協マテリアルが研究開発項目④目標をほぼ達成したことを受け、供給体制を整えマグネシウム鍛造製品実用化を加速するため、同社は平成 21 年度にプロジェクトでの研究開発を早期終了させた。</p>
<p>Ⅲ. 研究開発成果について</p>	<p>事業全体（委託事業） （目標達成度：◎） ・コスト低減を促進できる小径連続鍛造材（AZ91+1wt%Ca）において、鍛造部材の機械的性質の最終目標値を達成した。（世界初） ・環境に優しい表面清浄処理を最適化した切削粉を用いた固体リサイクル材において、機械的性質の最終目標値を達成した。</p> <p>（委託事業） 研究開発項目①「マグネシウム試作鍛造部品の評価、解析、データ集積」 （目標達成度：○） ・モデル鍛造部品の微細組織及び機械的性質に関するデータベースを構築した。 ・サーボプレスを使用したマグネシウム鍛造プロセスを構築し、最終目標値を達成した（世界初）。 ・モデル鍛造用素材の組織・機械的性質などのデータを収集し、データベース化した。</p> <p>研究開発項目②「マグネシウム合金鍛造加工における微細組織と変形機構との関連性の解明」（目標達成度：○） ・合金元素が素材の鍛造加工性、鍛造組織及び耐熱性に及ぼす効果を原子レベルから明らかにした。（世界初） ・鍛造用素材のマイクロ組織と機械的性質との関係を定量化した。 ・第二相粒子の寸法、体積率が動的組織変化（動的再結晶、動的析出）及び高温変形特性に及ぼす影響を明らかにした。（世界初）</p> <p>研究開発項目③「マグネシウム合金のリサイクルに係る課題抽出」 （目標達成度：◎） ・目標値の表面付着炭素量0.1%以下を達成し、過熱水蒸気を用いた表面清浄化システムを構築した。（世界初） ・マグネシウムの基礎的な粉塵爆発特性、爆発要因を解明し、安全性確保の指針を得た。（国際標準化に資する） ・適切なリサイクル前処理、固化成形プロセス条件を明らかにし、固体リサイクル材の塑性加工性に関する最終目標値（断面減少率）を達成した。（世界初） ・安全処理技術の研究として、爆発災害防止ガイドラインを策定。</p> <p>（助成事業） 研究開発項目④マグネシウム合金の鍛造用ピレット調整技術開発 （目標達成度：◎） ・断熱鑄型連続鍛造方法を考案・確立（世界初の Mg 小径ピレットの連続鍛造法） ・結晶粒径 50mm 達成、DAS 15mm 以下達成、晶出物の微細・均一分散化実現達成 ・量産化に向けた基本的な鍛造技術確立に目処をつけた</p> <p>研究開発項目⑤マグネシウム合金の鍛造部材開発（輸送用機器、ロボット） （目標達成度：◎）（3 種。詳細は非公開資料のみに記載。） ・引張強度 349MPa、伸び 24.8%、疲労強度 170MPa を有する実用レベルの Mg 部材を開発 ・現行のアルミ材（A6061）を凌駕する、引張強度 370MPa、疲労強度 170MPa、鍛造制度 ±0.01mm を有する実用レベルの Mg 部材を開発。また鍛造工法の工程簡略化も実現 ・残存トルク 6400N（Al 合金の 80%）を大幅にクリアし、Al 合金並みの残存トルクを有する部材の開発を実現。200℃での引張強さ 180MPa 以上で疲労寿命（疲労限強度ベースで）2 倍の部材を開発。エンジン周辺部材として 3 点を試作。</p>

	<p>研究開発項目⑥マグネシウム合金の鍛造部材開発（情報家電用機器） （目標達成度：○）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・曲げ加工、ボス、リブ加工などの複雑形状を実現。実用部材として携帯電話ケースの試作を実現。 ・高さ 3.05mm のボス・リブ成型技術、携帯部品サイズで板厚 0.18mm の薄板鍛造技術を開発。平坦度 0.1/40nm 以下を実現。また、高い再現性を有する鍛造シミュレーション解析技術の開発に成功 <p>研究開発項目⑦マグネシウム合金のリサイクルに係る技術開発 （目標達成度：○）</p> <ul style="list-style-type: none"> ・工場内スクラップ（切削屑、切削切粉、端材スクラップ）の連続処理方式において、表面付着物除去（残留炭素 0.1%）を達成。塗装品関しても、容易に剥離が可能な状態を確認。マグネシウムを連続処理できる装置を実現 ・過熱水蒸気循環によるリサイクル処理システムにおいて、原料比と同等程度まで過熱水蒸気量を低減させ、水使用量の 17%削減、エネルギー効率として 10%向上を確認。品位状態としてもリサイクルに問題ないシステムであることを確認。 	
	投稿論文	「査読付き」論文 43 件 学会発表・講演 150 件
	特許	「出願済」20 件
IV. 実用化、事業化の見通しについて	<ul style="list-style-type: none"> ・マグネシウム合金の小径連続鍛造ピレットは、鍛造加工用素材として全くの新規素材で、10 年後には 1000~2000 t/年程度に達し、素材価格も当初の 1500 円/kg から鍛造業界が望む 800 円/kg 以下の実現が見込まれる。 ・輸送用機器、ロボット分野については、1) 高機能鍛造用素材の開発、2) 量産鍛造技術の確立、3) プロトタイプ実証、4) 製品事業化の手順で実用化が進め、新規アイテムの探索、コスト競争力の改善とともに、既存のアルミ鍛造部材、アルミ鍛造部材の代替を進めて行くことが期待される。 ・鍛造用ダイカスト材と鍛造・プレス技術を組み合わせた複合鍛造技術も活用して、小型製品である携帯電話等の機構部品からさらには大型複雑形状外観製品（ノートパソコン筐体）の事業化を目指す。 ・マグネシウム市場の成長に伴い、リサイクル処理装置の需要増加も同様に見込まれるため、市場動向に沿った事業化計画の立案と実行を進めてゆく。 ・リーマンショック以降の経済状況により、コスト要求は厳しく輸送機器への適用には時間がかかる。研究開発は進めながら、容器類・釣り具・カメラ部材などの製品適用を進め、市場を拡大していく。 	
V. 評価に関する事項	事前評価	平成 17 年度実施 担当部 ナノテクノロジー・材料技術開発部
	中間評価以降	平成 20 年度 中間評価実施 平成 23 年度 事後評価実施
VI. 基本計画に関する事項	作成時期	平成 18 年 3 月 作成
	変更履歴	

技術分野全体での位置づけ

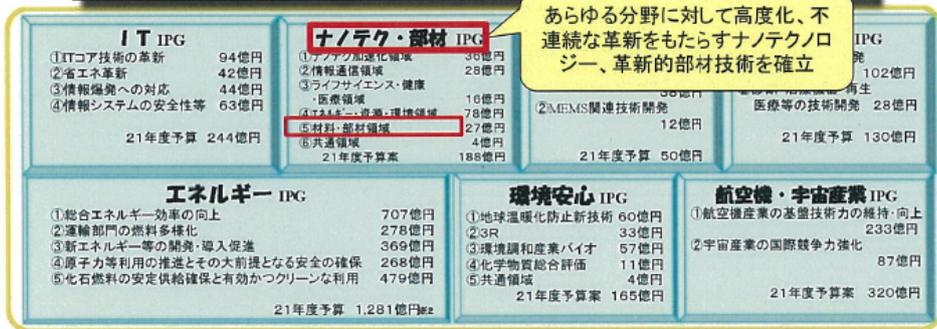
(分科会資料6-1より抜粋)

国の政策における位置づけ(1)

研究開発プログラム(イノベーションプログラムに改編)の中で実施

イノベーションプログラムについて

1. 「イノベーションプログラム」の中で体系的推進 (Inside Management & Accountability)
 - 経済産業省の全ての研究開発プロジェクトは、政策目標毎に7つの「イノベーションプログラム」の下で体系的に推進。
 - 各プログラムの中で、政策目標に向けたプロジェクトの位置付けと目標の明確化、市場化に必要な関連施策(規制改革、標準化等)との一体化を図り、イノベーション実現に向け各プロジェクトを効果的に推進。
2. 「技術戦略マップ」に基づく戦略的企画立案 (Outside Communication & Networking)
 - 先端産業技術動向を把握し、国が取り組むべき技術課題とイノベーションの道筋を明確化するため、産学官で協働するロードマッピング手法を導入(「技術戦略マップ 2005/2006/2007/2008」)。
 - 研究開発プロジェクトの選定に当たっては、イノベーションプログラムにおける政策目標を基に技術戦略マップに位置付けられた重要技術課題を抽出し戦略的に企画立案。



平成20年度までは革新的部材産業創出プログラムの位置付けで実施

国の政策における位置づけ(2)

ナノテク・部材イノベーションプログラム

- あらゆる分野に対して高度化・不連続な革新をもたらすナノテクノロジー・革新的部材技術を確立!
- 我が国産業の国際競争力の維持・強化や解決困難な社会的課題の克服!

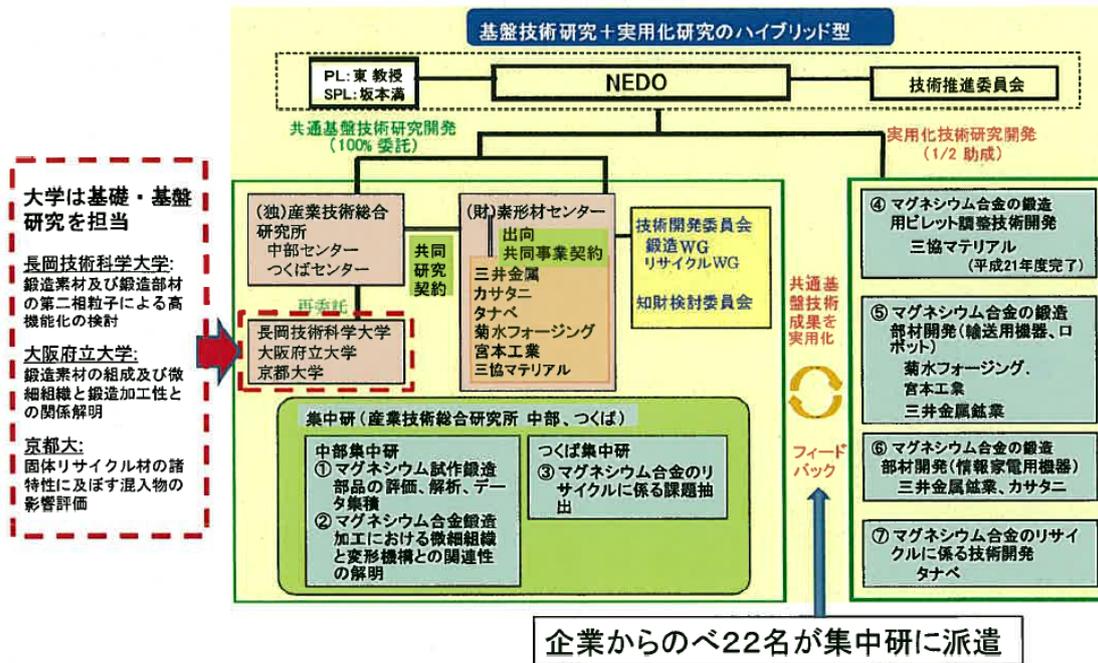


- IPGの目標**
- ナノテクによる非連続技術革新-
世界に先駆けてナノテクノロジーを活用した不連続な技術革新を実現する。
 - 世界最先端部材産業による価値創出-
我が国部材産業の強みを更に強化することで、他国の追随を許さない競争優位を確保するとともに、部材産業の付加価値の増大を図る。
 - 広範な産業分野での付加価値増大-
ナノテクノロジーや高機能部材の革新を先導することで、これら部材を活用した情報通信、ライフサイエンス、環境、エネルギーなどの幅広い産業の付加価値の増大を図る。
 - エネルギー制約・資源制約などの課題解決-
希少金属などの資源制約の打破、圧倒的な省エネルギーの実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

「マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト」

全体の研究開発実施体制

研究開発の実施体制



「マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト」(事後評価)

評価概要(案)

1. 総論

1) 総合評価

次世代軽量構造部材として期待されている我が国のマグネシウム合金関連の製品化・実用化研究は、ヨーロッパや中国等に比べて立ち後れていた。ロボット、輸送機器、情報家電産業における競争力強化、循環型社会、省エネルギーという社会的要請が強まっており、それらを解決すると考えられるマグネシウム合金の研究開発を推進するという本事業は我が国において重要である。本プロジェクトは、素材創製からリサイクルの分野までをカバーし、基礎基盤研究が実用化研究と乖離しすぎない様に PL による指導が適切になされ、バランスの取れた産官学の連携が実現した。具体的な商品化とターゲットコスト、技術目標を明確にして取り組み、企業の製品化のための様々なブレークスルーによる日本発の技術が誕生し、マグネシウム鍛造部材の実用化の可能性を拡大した。実用化を考えるユーザー側からみても、今後、産業分野への大きな波及効果が期待できる。

一方、基礎基盤技術では、充分成果が得られているが、産業側の検討内容において、その成果がうまく反映されていないものなかには見受けられる。基礎基盤研究と実用化研究との連携をもう少し緊密に図ると、更により成果を生んだと考えられる。また、諸外国の動向との比較調査も少なく、開発品が実際に市場での競争力があるか不明な部分がある。

今後は、実用化のターゲット幅を広げることが重要で、広くエンドユーザーのマグネシウム合金に対するニーズのヒヤリングを増やし、出口企業との摺り合わせによる製品開発を進め、地道かつ継続的な研究開発を期待する。

2) 今後に対する提言

マグネシウム合金の分野は世界各国が戦略材料に位置付けて研究開発を進めており、限られた研究資金で世界的な研究開発競争に打ち勝つためには、我が国としても新合金の開発・大型化技術の開発・量産技術の開発・リサイクル技術の研究開発を効果的にかつ継続的に推進していく必要がある。

本プロジェクトで構築した産学官連携ネットワークを活用し、更に製品の特性を向上させ、価格競争力も含めた製品の競争力を高めて頂きたい。

また、実用化を検討するためには接合や表面処理の問題も出てくるが、最も大事な課題はマグネシウム合金の「安全性」である。この安全性をどのように考えていくのかということも必要である。

更に、本プロジェクトの成果の「技術水準」を示し、産業界・工業界に周知して

活用できるようにすることが望まれる。基礎的な性質や組織学の成果のみでなく、実用化に向けた加工条件や加工法との関連性を明確にして役に立つデータベースの構築に努めて頂きたい。特に、データベースは内容の継続的な見直しが必須であり継続研究を望まれる。基礎的な機械的特性の試験データ等については、広く一般に使えるような運用方法も考えるべきである。

2. 各論

1) 事業の位置付け・必要性について

本プロジェクトは、イノベーションプログラム；材料・部材領域に対応している。マグネシウム合金の用途拡大は、環境問題と密接な関係にあるが、特に軽量かつ高機能な部材は貢献度も高い。欧米に較べ遅れているマグネシウム合金の鍛造の研究開発と、実用化には避けて通れないリサイクル技術開発を目指し産学官が連携して取り組むことは、我が国の材料戦略上極めて重要である。また、用途拡大や、競争力を作るためにも、鍛造部材の技術開発が必要だが、世界に先駆けてマグネシウム鍛造部材の実用化を考えるには、民間での技術開発能力だけでは困難である。また、鍛造業界は、中小企業性が高いため、企業による大規模な開発によるイノベーションが起きにくい構造を持っている。更に民間会社独自で検討されると、情報開示が限定されるため、公共的な情報として配信できる NEDO 主導プロジェクトとして実施することは、ユーザーとしてマグネシウム合金の適用を考える上でも非常に意義が高い。

一方、本プロジェクトの位置づけや必要性を更に明確にするためにもマグネシウム合金の鍛造部材の研究に特化した理由や欧米のプロジェクトに対する位置付けと得られた成果の相違点などを明確にすべきである。さらには、マグネシウム合金の必要性と合金の今後の需要予測を付け加え、本プロジェクトの必要性を一層アピールすることが必要である。

2) 研究開発マネジメントについて

基礎研究の集中研設置によるターミナル化と、それに企業が連携するという極めて効率的な体制で、基礎基盤研究と実用化研究に分け、PL の強いリーダーシップにより、産学官連携をうまくマネジメントして進めてきた実施体制は高く評価できる。推進委員会は適切に機能し、各社の連携も適切であった。また、研究開発目標は実用化を念頭に置いて、戦略的に設定され、指標も定量化され妥当であった。部品開発ターゲットやその素材に求められる特性およびその特性を引き出すための材料組織などもすべて明確であり、ビレット～鍛造まで全体を見通した製品機能の創り込みがなされた結果、有意義な成果が得られた。PL 主導の勉強会を通しての企業への知識移転、公開シンポジウムで研究開発成果の普及に努めていること、鍛造用ビレットの早期実用化、資金の加速投入により情勢変化の対応をしていることも評価できる。

しかしながら、実用化技術については、基礎基盤技術で得られたどの技術を活用

しているのかをもう少し明確にし、ニーズと基盤技術開発の連携を図るべきであった。輸送機器やロボットを扱うユーザー等のようなエンドユーザーとの意見交換を行うなどの工夫も望まれる。また、実用化研究を推進する上で、鍛造や塑性加工に精通した技術者の参加がもう少しあればよい。

3) 研究開発成果について

強度・疲労強度・素材組織寸法の数値目標はすべてクリアしているなど、基礎研究では、鍛造工程内で動的再結晶による組織微細化を図り、鍛造性や機械的特性を向上させる技術を確立した。Z パラメータや積層欠陥エネルギーなどで整理された動的再結晶が説明できることは世界最高水準のデータであり、ユーザー側においても材料加工や設計上で利用でき、市場の創造が期待できる。特に、連続鍛造から鍛造まで見通した組織制御は、マグネシウム合金に限らず共通基盤技術として意義がある。鍛造に必須となる CAE (Computer Aided Education; コンピュータ技術を活用した教育活動支援、またはそれを行うツール) ソルバーの開発までできれば尚良かった。特許、論文等公表状況も良好で、簡便に組織予測ができる世界初の成果は高く評価でき、本技術を公開して普及に貢献したことは大きな成果である。これらの成果は、産学官が力を結集して、マグネシウム鍛造技術・製品のレベルアップ、更には産業化への可能性をもたらしたと言える。

一方、基礎基盤研究の成果が実用化技術のどの部分で活用されているか不透明で、基盤研究の成果の活用が十分であるとは言い難い。また、学術的な研究成果は多い割には、知財の取得へ結びついていない面もある。更に、研究開発成果のレベルや位置付けが不明瞭な点もあり、特に世界初のデータであれば、既存のデータの値と比較するなどの配慮が必要である。

4) 実用化、事業化の見通しについて

マグネシウム合金を適用するための材料技術・素形材技術・安全性評価・リサイクル等について実用化を見通すための一通りの検討をしておき、その取り組みは高く評価できる。適用可能なターゲットは明確化され、事業化までのシナリオの概要は示された。連続鍛造ビレットはマルチストランド小径のものが製品化され、鍛造品は、実際に各社で製品化となり、事業化がされている。素材からリサイクルまで、各々専門とするメーカーが参加しており、成果を上手く活用できれば波及的効果が期待できる。

一方、マグネシウム鍛造部材を使用するメリットが不明な点があり、コスト見通しや素材や加工品の機能・性能の面から、その優位性を明確にするとその応用範囲も拡大する。今後の研究開発の継続と特性向上に期待する。

個別テーマに関する評価

	成果に関する評価及び実用化（、事業化）の見通しに関する評価及び今後に対する提言
マグネシウム試作鍛造部品の評価、解析、データ集積	<p>結晶粒微細化と鍛造を同時に行う手法を提案したことは評価でき、鍛造条件と再結晶粒径、結晶粒径と機械的特性等の鍛造データベースも多岐にわたるデータが得られているため、汎用性が高く重要な成果である。最終製品を想定し材料組織を制御して強度を得るという研究開発の手法はユーザー側からみて高く評価でき、今後の鍛造部材の実用化にとって役立つ成果である。今後の研究開発にも必要かつ重要なデータベースとなり得る。素形材製造での基礎基盤データの蓄積は重要で、企業での要望は常にあり部材イノベーションには必須なデータであるが、企業では適切な手段も、集中したデータ取りをする時間も無い。そのため、NEDOで行う意義は非常に高く、他の材料にも拡大すべきである。</p> <p>一方、小径連続鋳造材に特化して最適鍛造技術を構築しているが、より汎用性のある鍛造技術開発も進める必要がある点や、各種の加工条件（温度・速度・加工度等）と機械的特性との関連性の明確化やユーザー側からみた使いやすさなどデータベースの改善すべき点も散見される。今後も引き続いてデータベースの充実と運用を進め、実用化する上で重要となる鍛造部材の機械的特性の異方性もデータベースに取り入れて頂きたい。また、高生産性、低コスト化の見通しも明確化する必要がある。</p>

	成果に関する評価及び実用化（、事業化）の見通しに関する評価及び今後に対する提言
マグネシウム合金鍛造加工における微細組織と変形機構との関連性の解明	<p>動的再結晶に及ぼす積層欠陥エネルギーと第二相粒子の影響と有効性を明らかにしており、引張強度、疲労強度で目標値を達成している。高温変形中にマグネシウム合金中で起こる再結晶挙動を詳細に調査しており、学術的・技術的にも重要である。鍛造加工の低温化技術、疲労強度の改善が示されたことは学術的な成果はもとより、部品製造およびエンドユーザーに対しても有望な指標を与えた点で高く評価できる。実用化研究にとって重要な鍛造加工マップを構築したことも高く評価できる。特に、鍛造を見据えた合金設計の他、鍛造時の変形機構や組織変化を調べて定量的な定式化を行った検討など、Z 値を利用した結晶粒径の予測式は、簡便であり大きな成果である。</p> <p>一方、微細組織と成形機構の関連性が分かりにくく、鍛造部材のマイクロ組織解析と機械的性質との関係解明を十分に掘り下げ、メカニズムの解明を進めるとともに、鍛造プロセスを活用した新合金、耐熱合金の開発を促進する必要がある。また、AZ91 合金を主として研究しているが、他の合金と比較検討し、その優位性や特異性を明示すると分かりやすい。鍛造加工マップを現実の鍛造製品に使用した例を示すなど、その効果的な運用法と量産への適用に向けたマップの充実を継続して進めていただきたい。</p>

	成果に関する評価及び実用化（、事業化）の見通しに関する評価及び今後に対する提言
マグネシウム合金のリサイクルに係る課題抽出	<p>材料価格が高騰している現状では、リサイクル材の活用法が叫ばれ、その対応・対策が切望されている。また、ものづくりの生産からみたりサイクル技術は、材料戦略上やLCA（Life Cycle Assessment）の面からも極めて重要な課題であり、マグネシウム合金の特徴である安全性とリサイクル性の検討やガイドライン策定等は、今後のマグネシウム合金の材料設計に幅を持たせることができ、社会的にも意義が高く評価できる。特に、過熱水蒸気を用いたリサイクルの前処理技術は完成度が高く、社会的にも意義が高い研究であり、リサイクルの可能性を大きく進展させるものである。本プロジェクトでは、リサイクル材の鍛造は、後方押出しの事例のみであるが、長尺物や強度向上を図る上では、前方押出しの試みも一考である。</p> <p>粉末プレスによる固体リサイクルの構造材用途に対しては、原料管理、分析、品質保証等においてかなり困難があり、商品化のイメージを示すべきである。また、現行技術でリサイクルした場合と比較する等、実用化したときのコスト予想も必要である。</p> <p>「過熱水蒸気処理+固体リサイクル」以外のリサイクル法の可能性を提案することによって、幅広いリサイクル技術に関して引き続いて研究開発を進めていただきたい。</p>

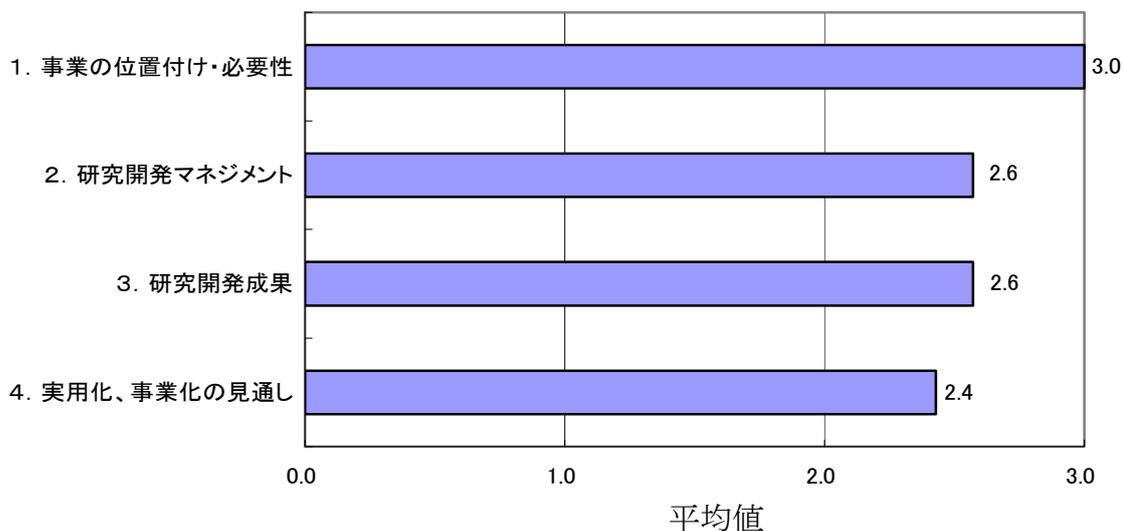
	成果に関する評価及び実用化（、事業化）の見通しに関する評価及び今後に対する提言
マグネシウム合金の鍛造用ビレット調整技術開発	<p>熱間押し出し無しで微細粒ビレットが得られ、大幅なコスト削減と特性向上が達成された意義は大きい。また、結晶方位のランダム化と結晶粒微細化は加工性の向上が図れるため川下製品への波及効果が大きく、実用化する上でも重要な成果であり、今後の市場拡大が期待できる。特に、連铸材の特性が押し出し加工後の鍛造材と遜色がない点は大きな成果である。すでに実用化された部品や、開発中の部品もある。また事業化までのシナリオも将来の目標コストを含めて明確化されている。</p> <p>一方、小径の連続铸造ビレットによる直接鍛造は、既にアルミニウム合金の分野で実用化しており、マグネシウム合金特有の課題の明確化が必要である。更には、断熱铸型を用いた铸造法で凝固組織の微細化を左右する要因の明確化が望まれる。</p> <p>また、輸送機器等への適用では、大型材の提供が実用化には必要となるので、より大型のビレット開発を期待する。</p>

	成果に関する評価及び実用化（、事業化）の見通しに関する評価及び今後に対する提言
マグネシウム合金の鍛造部材開発（輸送用機器、ロボット）	<p>軽量化による効果が大きい輸送機器等へ向けての調査研究は重要であり評価される。様々な形状の鍛造部品が低コストで生産できる可能性が示され、高速鍛造が可能となったことも大きな成果である。また、今後の実用化を目指すターゲット製品と価格や波及効果も明確にされており、実用化を強くイメージした研究開発であった。すでに実用化された製品もあり、何れも事業レベルに達しており高く評価できる。</p> <p>一方、独自の熱処理を開発し、鋳造棒素材を鍛造工程内において、組織の微細化により成形性を改善するというマグネシウム合金では従来にない技術を確立している点は評価するが、他の材料では既に実用化されている手法であり、マグネシウム合金特有の技術課題や得られた知見を明示すれば、得られた成果の意義がより明確になる。また、集中研との関係が不明確で、基盤研究の成果がどこに活用されているか関連性が不明である。</p> <p>アルミニウム合金を比較対象に挙げている研究もあったが、単に強度を凌駕しただけではマグネシウム合金に置き換えることは難しい。開発品のメリットをもう少し明確にすべく、製品開発では出口企業との摺り合せが大切であり、そのための研究開発も必要になるので、引き続き実用化を目指して粘り強く取り組んでもらいたい。</p>

	成果に関する評価及び実用化（、事業化）の見通しに関する評価及び今後に対する提言
マグネシウム合金の鍛造部材開発（情報家電用機器）	<p>実用開発ターゲット品を具体的に絞り込み、その製品を高精度で製作する研究開発が行われている点は高く評価できる。特に、マグネシウム合金の温間板成形によるダイカスト素材と鍛造を組み合わせた新しい手法は、ユニークで今後の実用化展開が期待でき、高精度・高強度マグネシウム合金構造部材が得られる可能性が示された。</p> <p>一方、ダイカストと鍛造（プレス）を組み込んだ工程の優位性が不透明。他のプロジェクト項目との連携や基礎研究の成果がどこに反映されているのかが不明な点が見受けられる。また、ボス・リブ成形で、充填が良好という成果が示されているが、その成形条件と変形機構の関係も不明である。個々の課題において、本プロジェクトで実施した内容をもう少し明確にし、基礎基盤研究の成果を十分に活用すれば、研究開発も効率的に進展したものと考えられる。また、ダイカストと鍛造の複合加工により複雑形状で薄肉化を目指した着想点は評価されるが、大型プレスが必要になるなど非現実的で高温熱間プレスの検討等、更に工夫が必要である。</p> <p>これまで、マグネシウム合金の部材試作に関する検討例は多数あるなかで、精度に着目した本課題は今後の実用化の判断指標にもなり重要である。今後も精度の評価を含め、更に良い製品の開発につなげて頂きたい。製品開発では出口企業との摺り合せが大切であり、そのための研究開発も必要になるので引き続き実用化を目指して粘り強く取り組んでもらいたい。</p>

	成果に関する評価及び実用化（、事業化）の見通しに関する評価及び今後に対する提言
マグネシウム合金のリサイクルに係る技術開発	<p>ものづくりにおけるリサイクル技術は、LCA 技術の一環として極めて重要であり、これを提案・検討したことは評価される。安全性に関する検討もなされ、汎用性のある爆発災害防止対策ガイドラインを策定したことも高く評価される。特に、過熱水蒸気を使用して切粉塵の油分を除去する技術は新しく、比較的安価な切粉の清浄化方法が確立された点は評価でき、マグネシウム産業全体の普及と市場の拡大が期待できる。今後は、固体リサイクルに限定せずに、過熱水蒸気処理材のブラケットの再溶解等によるリサイクル技術の開発も進めてほしい。</p> <p>実用化の見通しについては、ラボ機を試作し適切な市場分析と予測、コスト分析を定量的に検討している。一方、コストの見積もりが甘く、ネットコストを精査する等の詰めが更に必要である。</p> <p>また、アルミニウム合金で一般的に実施されているリサイクル法との優位性の比較整理も必要である。マグネシウム合金加工メーカーでは切粉処理の問題を抱えており、コンパクトで低コスト装置の開発を期待する。</p>

評点結果〔プロジェクト全体〕



評価項目	平均値	素点 (注)							
		A	A	A	A	A	A	A	A
1. 事業の位置付け・必要性について	3.0	A	A	A	A	A	A	A	A
2. 研究開発マネジメントについて	2.6	B	A	A	B	A	B	A	
3. 研究開発成果について	2.6	A	A	A	B	A	B	B	
4. 実用化、事業化の見通しについて	2.4	B	A	B	B	A	B	A	

(注) A=3, B=2, C=1, D=0 として事務局が数値に換算し、平均値を算出。

〈判定基準〉

1. 事業の位置付け・必要性について	3. 研究開発成果について
・非常に重要 →A	・非常によい →A
・重要 →B	・よい →B
・概ね妥当 →C	・概ね妥当 →C
・妥当性がない、又は失われた →D	・妥当とはいえない →D
2. 研究開発マネジメントについて	4. 実用化(、事業化)の見通しについて
・非常によい →A	・明確 →A
・よい →B	・妥当 →B
・概ね適切 →C	・概ね妥当であるが、課題あり →C
・適切とはいえない →D	・見通しが不明 →D