

## ナノテク・部材イノベーションプログラム

公開

## 「マグネシウム鍛造部材技術開発プロジェクト」

## 事後評価分科会説明資料

## 議題4 ープロジェクトの概要説明ー

平成23年11月18日

独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構

電子・材料・ナノテクノロジー部

## 内 容

公開

- I. 事業の位置付け・必要性について
- II. 研究開発マネジメントについて
- III. 研究開発成果について
- IV. 実用化・事業化の見通しについて



## 背景

公開

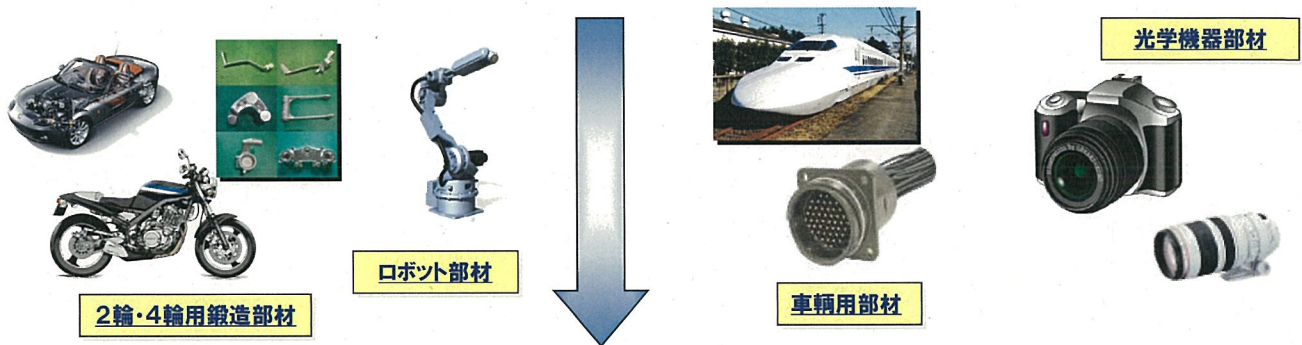
### <社会的ニーズ>

地球温暖化問題解決のための省エネルギー化の高まり

### <産業界からのニーズ>

輸送機器(自動車など)の軽量化による燃費向上、省エネルギー化

情報家電(携帯電話、パソコン等)における小型化、軽量化、高機能化による利便性向上



### <部材へのニーズ>

軽量かつ高機能な部材(高強度、高い剛性、電磁波シールド性等)が求められている。



## 軽量部材の性能比較(現状)

公開

### マグネシウム合金の利点

- 金属一の**軽量性能**(アルミニウムの2/3、鉄の1/4)
- アルミニウム、高機能樹脂に比べて**比強度+比剛性**に優れる。
- 機械加工性、耐くぼみ性に優れ、寸法変化(経年、熱変化)が小さい。

材料		密度 (g/cm <sup>3</sup> )	比強度 (N·m/kg)	比剛性	熱伝導度 (W/m·K)	伸び (%)	引張強度 (MPa)
Mg合金	AZ91	1.82	154	24.7	72	8	280
	AM60	1.79	151	25.1	62	15	270
Al合金	A380	2.70	117	26.3	100	3	315
Ti合金	Ti-6Al-4V	4.42	226	25.6	7.5	15	1000
高機能樹脂	ABS	1.03	34	2.0	0.2	40	35
	PC	1.23	85	5.4	0.2	3	104

※比強度値が大きい=軽くて高強度

※比剛性値が大きい=軽くて変形に対して強い



# マグネシウム製品製造方法比較

公開

製法	成形性 (複雑形状)	強度	コスト
押出	×	△	×
温間プレス	△	△	△
鋳造	○	△	○
<b>鍛造</b>	○	○	× →○

## マグネシウム合金の課題

- (1) コスト(部材、加工、製造)
- (2) 精密成形加工性
- (3) 資源リスク、安定供給  
(Mg生産における中国寡占化が進展)

← 圧延板コストが高い(現材料コストはAlと同程度)

← 一般的な鋳造技術は汎用品用途。  
中国、アジアのキャッチアップ領域

← **軽量性、優れた機械的特性を最大限活用可能な製造方法**

軽量性、高機能性を活かしたマグネシウム製品の普及には、  
(1)～(3)を同時に解決し、工業利用可能な鍛造技術の開発が必要。



# マグネシウム鍛造課題解決への取り組み

公開

## マグネシウム合金の課題

- (1) コスト(部材、加工、製造)
- (2) 精密成形加工性
- (3) 資源リスク、安定供給

一体型の  
研究開発  
を実施

### 鍛造関連技術

### マグネシウム合金 リサイクル技術

#### (基礎、基盤技術)

- ① 評価手法、データ集積
- ② 微細組織、変形機構解明

#### 基礎、基盤

#### (基礎、基盤研究)

- ③ リサイクル課題抽出  
安全性評価方法構築

#### (実用化技術)

- ④ ビレット連続鋳造技術  
↓ 素材提供
- ⑤ 輸送機器、ロボット用鍛造部材
- ⑥ 情報家電用鍛造部材

#### 実用化・工業化

#### (実用化技術)

- ⑦ リサイクル前処理技術  
の実用化、有効性検証



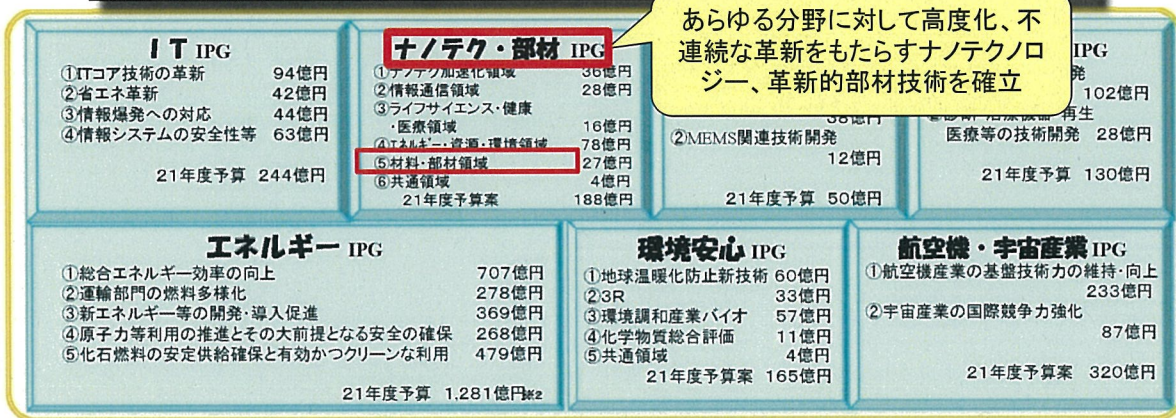
# 国の政策における位置づけ(1)

公開

## 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

- 「イノベーションプログラム」の中での体系的推進 (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。
- 「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

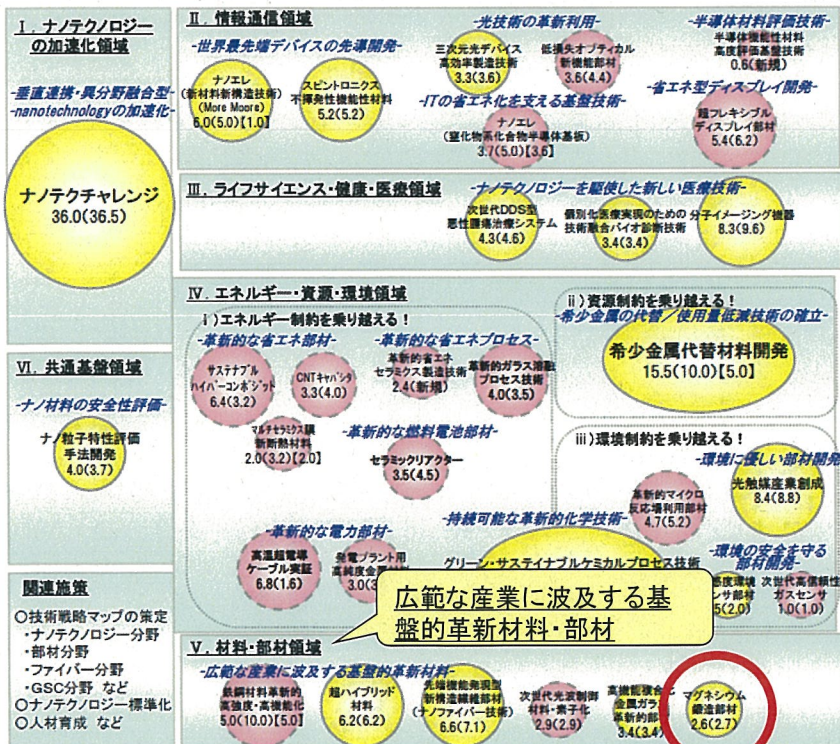


# 国の政策における位置づけ(2)

公開

## 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。
- 世界最強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、他国の追従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社会の実現など、解決困難な社会的課題の克服を目指す。

# NEDOが関与することの意義

公開

## 1. プロジェクト企画・立案段階

- ・プロジェクト実施体制の構築  
⇒基礎を担う「大学」、実用化を担う「民間企業」、両者のかけ橋となる技術を担う「研究機関」が一体となった産学連携体制を構築
- ・知財マネジメントの枠組み構築  
⇒製造プロセス技術はノウハウ化により技術情報を秘匿

## 2. プロジェクト期間中

- ・フレキシブルな予算管理  
⇒周辺環境や進捗状況に対応した加速財源配分
- ・フレキシブルな体制変更  
⇒早期卒業による事業化加速（三協マテリアル）

## 3. マグネシウム鍛造部材普及に向けた広報活動

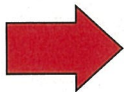
- ・シンポジウム、展示会においてユーザー企業への広報活動を実施

# 費用対効果

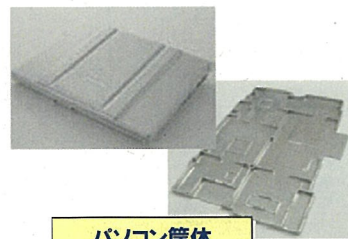
公開

国費総額(5年間)	13.2億円
想定市場(2020年)	1238億円
(内訳) 輸送機器	838億円(国内100億円)
情報機器	400億円(携帯電話、ノートPC筐体)

鍛造用ヒレット



2輪・4輪用鍛造部材



パソコン筐体

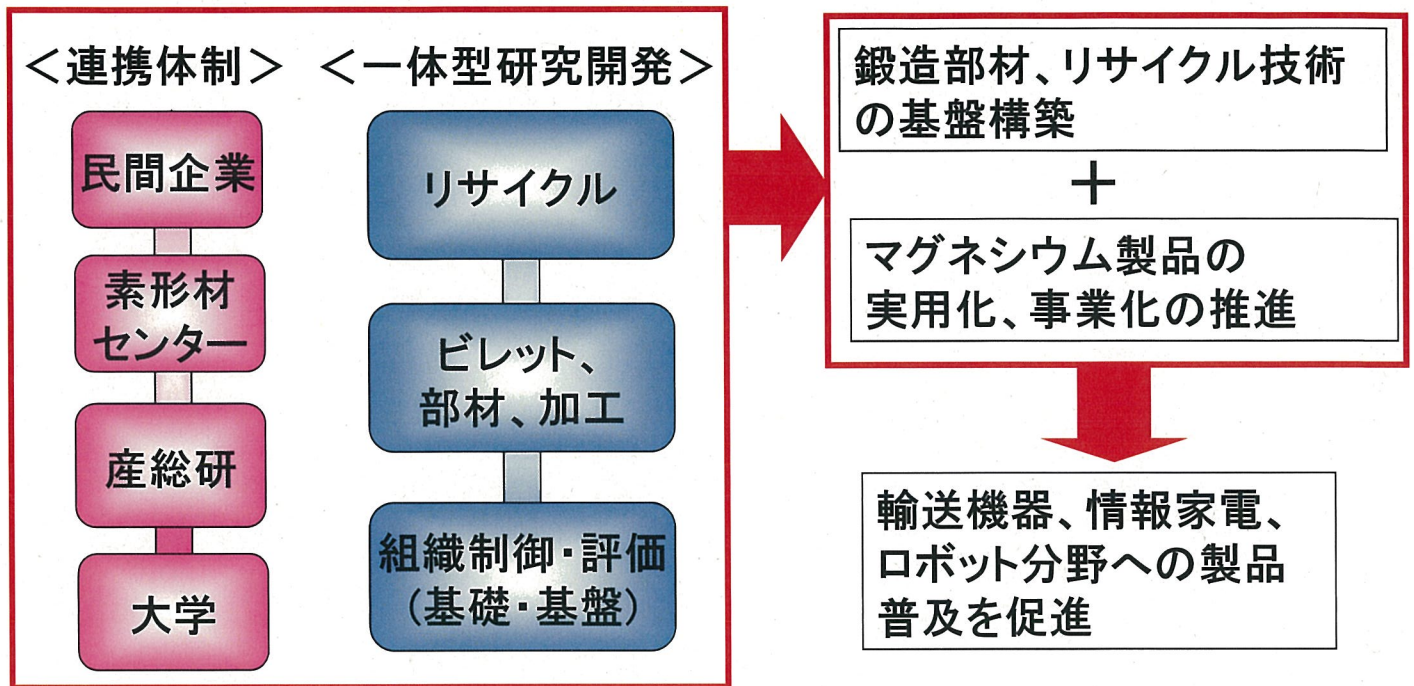


光学機器部材



## プロジェクトの目的と意義

公開



我が国のマグネシウム産業の国際競争力強化を目指す

## 内 容

公開

- I. 事業の位置付け・必要性について
- II. 研究開発マネジメントについて
- III. 研究開発成果について
- IV. 実用化・事業化の見通しについて



# 研究開発項目一覧

公開

## ・共通基盤技術(委託事業)

- 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

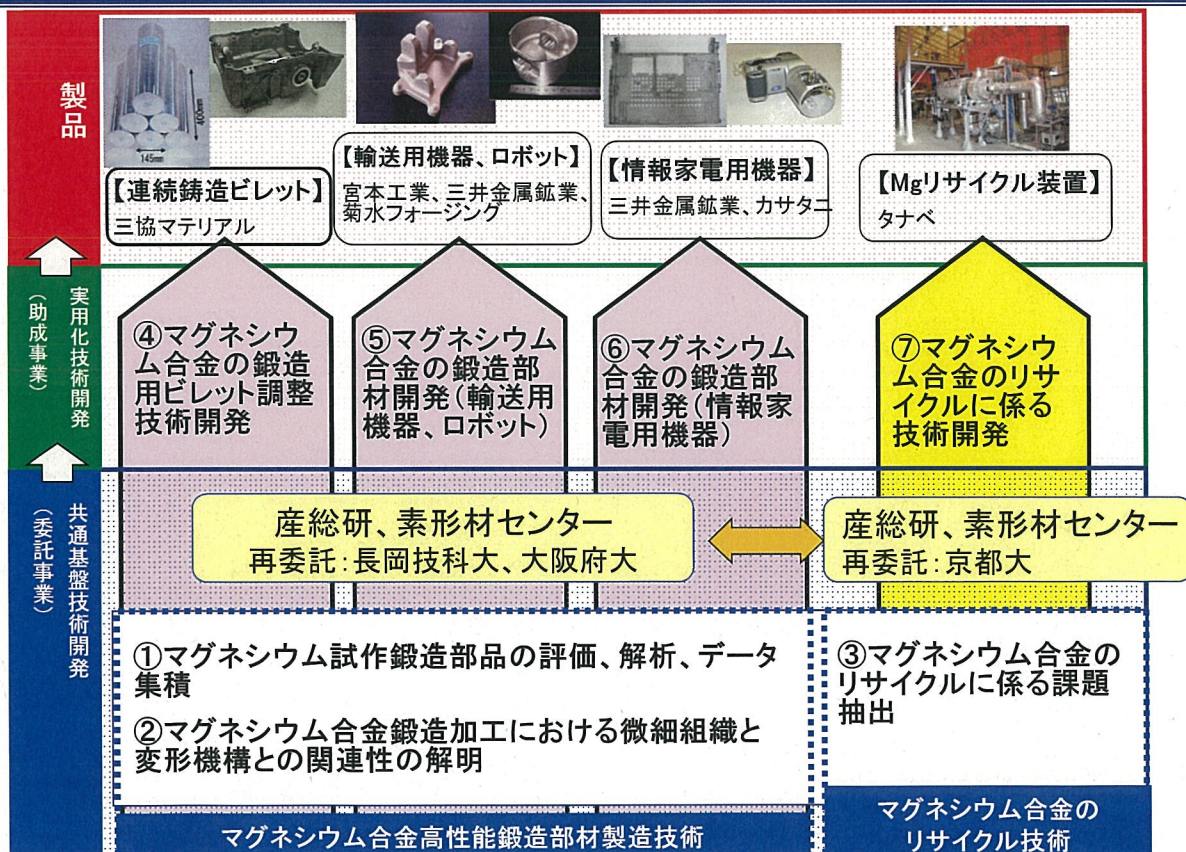
## ・実用化技術(助成事業)

- 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



# 研究開発項目①～⑦の位置付け

公開





## 目標及び設定根拠①

公開

共通基盤技術(委託事業)

### 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	設定根拠
<p>&lt;中間目標&gt;</p> <p>川下産業に要求される鍛造部材に対応するモデル部材を対象に、鍛造部材製造に必要な素材の組成、組織と鍛造条件の設定を可能とする鍛造用素材の結晶組織と変形機構との関係をデータベース化する。</p> <p>&lt;最終目標&gt;</p> <p>鍛造部材製造における素材特性、加工条件、部品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>マグネシウム鍛造における現状の課題を明確化する。</p> <p>鍛造工程を理解するために、鍛造素材と鍛造後の鍛造部材特性の関係を明らかにする必要がある。</p>



## 目標及び設定根拠②

公開

共通基盤技術(委託事業)

### 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	設定根拠
<p>&lt;中間目標&gt;</p> <p>鍛造用耐熱合金ビレットに要求される素材組織を明らかにし、耐熱合金ビレットの連続鍛造条件を決定するために必要な結晶粒径や結晶形態等のパラメーターを明らかにする。</p> <p>鍛造素材組織と鍛造加工性の関係解明において実施した組織微細化技術を適用して、結晶(等軸状もしくは柱状)の平均粒径が50<math>\mu</math>m以下の凝固組織を持つ耐熱合金ビレットの連続鍛造技術の開発に貢献する。</p> <p>&lt;最終目標&gt;</p> <p>鍛造用素材の組織の結晶粒子と変形機構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することによって、実用的な鍛造温度低温化技術を開発し、実用化レベルの部材として170MPa(10<sup>7</sup>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>高信頼性鍛造部材に要求される結晶粒径を得るために必要な鍛造ビレットの結晶粒径を過去の研究結果から推定した。</p> <p>連続鍛造条件を決定するためには、鍛造素材組織と鍛造加工性の関係を解明する必要がある。</p>





# 目標及び設定根拠③

公開

## 共通基盤技術(委託事業)

### ③マグネシウム合金のリサイクルに係る課題抽出

目標	設定根拠
<p>&lt;中間目標&gt;</p> <p>a. 切削粉等の<b>工場内スクラップ</b>における含有炭素を0.1%以下にするリサイクルシステムを構築し、マグネシウムハンドリング時の安全性評価方法に必要な主要因を明らかにする。</p> <p>b. 固体リサイクル材の鍛造用ビレットへの適用目的として、圧縮率0.64以上の変形性を発現させるために必要な組織および不純物組成の限界を明らかにする。</p> <p>&lt;最終目標&gt;</p> <p>a. 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<b>市中スクラップリサイクル基盤技術</b>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>b. 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、<b>市中スクラップリサイクル基盤技術</b>を提案する。</p>	<p>他金属の前処理で用いられている含有炭素量を参考に設定した。</p> <p>マグネシウムは爆発の危険性が指摘されており、安全対策が必要である。</p> <p>鍛造部品の平均的な変形量から圧縮率を算出した。</p> <p>循環型素材としてのメリットを発揮するためには、マグネシウム合金のリサイクルに関する課題を明らかにする必要がある。</p>



# 目標及び設定根拠④⑤

公開

## 実用化技術(助成事業)

研究開発項目	達成目標	設定根拠
④マグネシウム合金の鍛造用ビレット調整技術開発	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鍛造技術を開発する。	高信頼性鍛造部材に要求される結晶粒径を得るために必要な鍛造ビレットの結晶粒径を過去の研究結果から推定した。
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)	<p>(1)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に要求される残存軸力6400Nの締結力維持を達成する複合鍛造技術を開発する。</p> <p>(2)耐疲労部材として、引張強度340MPa、伸び15%以上、疲労強度170MPa(10<sup>7</sup>回)を有する実用化レベルの部材として製造可能な鍛造技術を開発し、実用化検証を行う。</p>	ユーザー(川下産業)からのスペックに基づき設定。 アルミ材の特性から設定。



# 目標及び設定根拠⑥⑦

公開

## 実用化技術(助成事業)

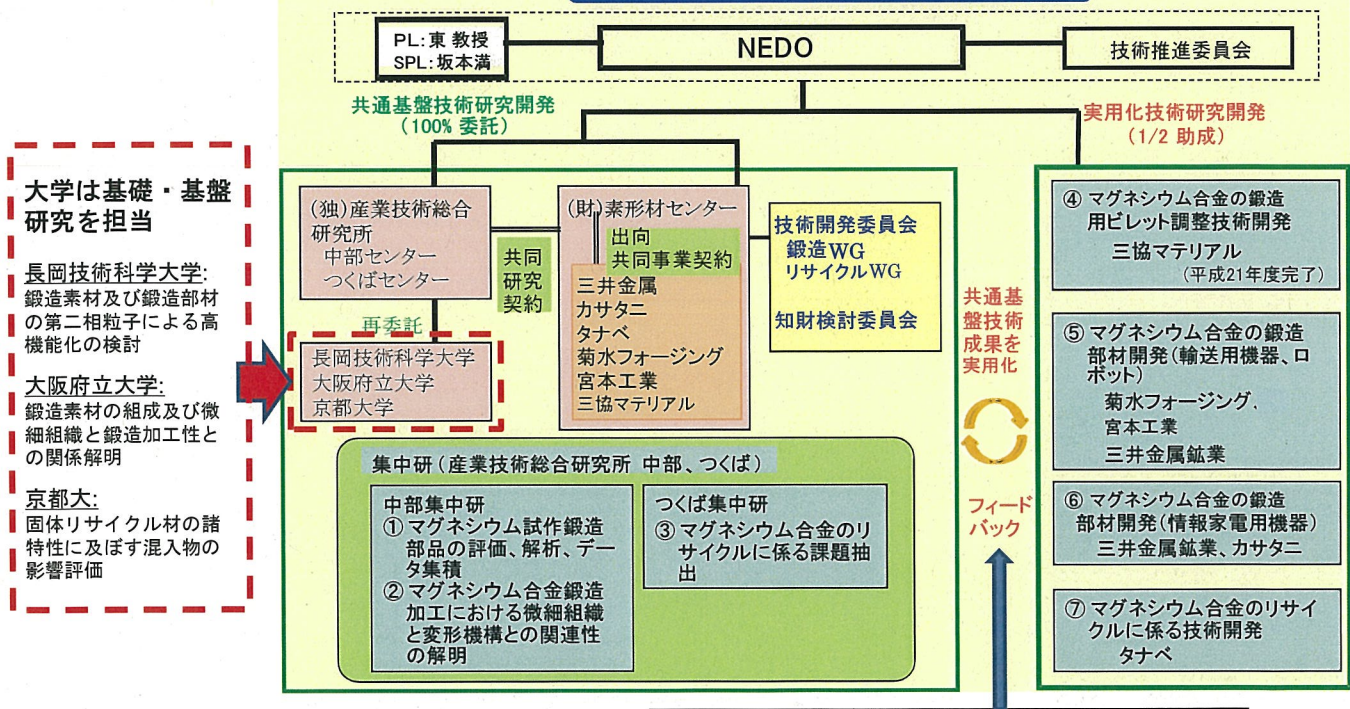
研究開発項目	達成目標	設定根拠
⑥マグネシウム合金の鍛造部材開発(情報家電用機器)	リブなど複雑な突起物を有し、表面平滑度が高い複雑な形状を持つ部材を製造できる技術を開発し、A3サイズ大の高精度大型部材として平坦度0.1mm/40mmの実用部材が供給可能な鍛造技術を開発し、実用化検証を行う。	ユーザー(川下産業)からのスペックに基づき設定。
⑦マグネシウム合金のリサイクルに係る技術開発	工場内スクラップの連続処理方式における表面付着物除去(含有炭素0.1%以下)を達成する装置を開発し、リサイクル前処理技術の実用化を行う。 また、工場内スクラップに対する固体リサイクル前処理システムとしてその有用性を検証する。	リサイクルに係る実用化技術の検証として設定。



# 研究開発の実施体制

公開

### 基盤技術研究+実用化研究のハイブリッド型

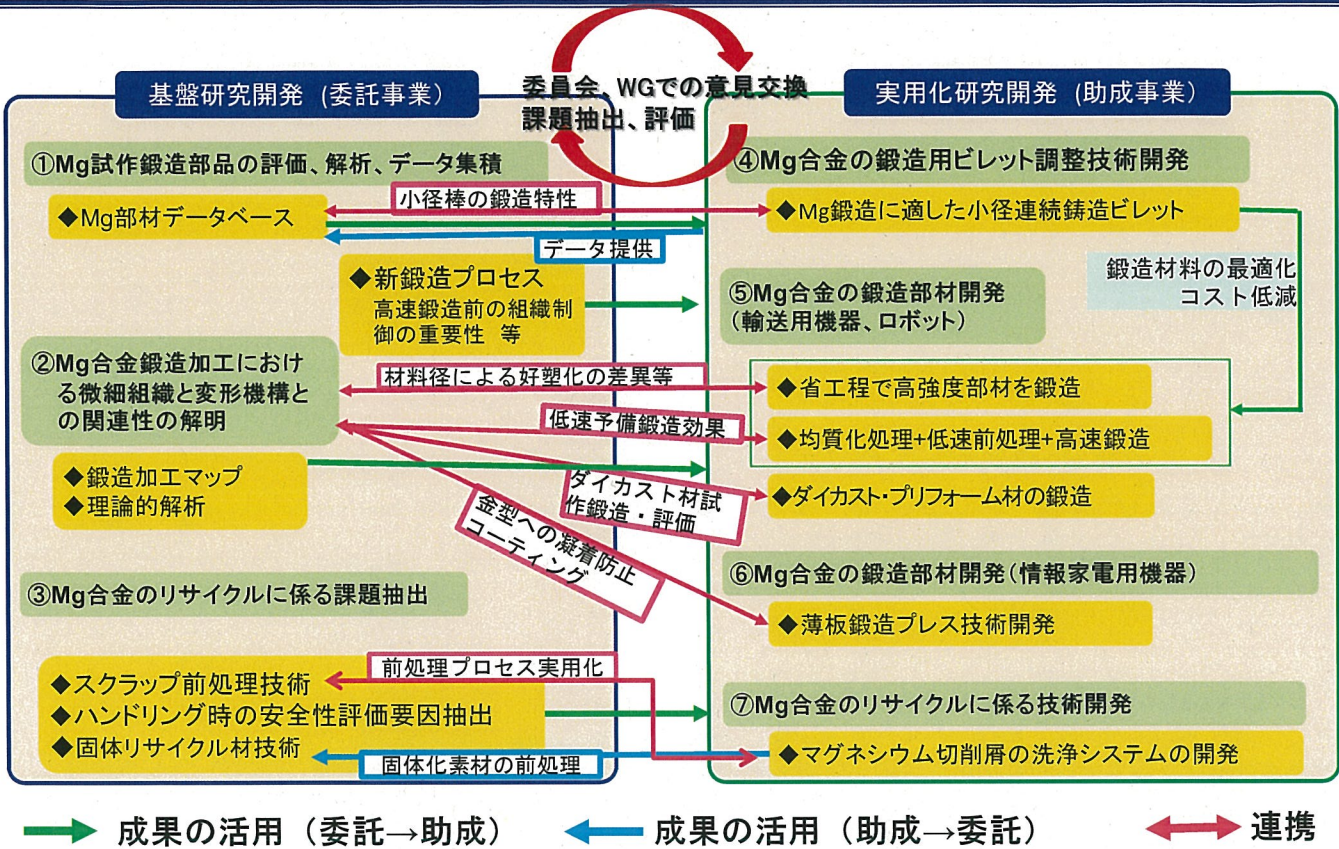


企業からのべ22名が集中研に派遣



# 基盤研究開発と実用化研究開発の連携

公開



# 事業の全体計画と予算の推移

公開

		(うち加速資金)					単位:百万円
研究開発項目		H18FY	H19FY	H20FY	H21FY	H22FY	合計
委託事業	①マグネシウム試作鍛造部品の評価、解析、データ集積	94(13)	32	23	17	16	182
	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の関連性の解明	176(57)	62	31	23	23	315
	③マグネシウム合金のリサイクルに係る課題抽出	57(3)	27	29	26	23	162
	委託事業 合計	327	121	83	66	62	659
助成事業	④マグネシウム合金の鍛造用ビレット調整技術開発		15	10	8		33
	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)	55(15)	76	118	62(18)	38	349
	⑥マグネシウム合金の鍛造部材開発(情報家電用機器)		50	37	117	33	237
	⑦マグネシウム合金のリサイクルに係る技術開発		20	8	13	3	44
助成事業 合計(国費分、助成率1/2)		55	161	173	200	74	663

# PLによるプロジェクトマネジメント

公開



東PLの強力なリーダーシップのもと、

- ① 研究開発テーマと体制の詳細設定
- ② 産学官研究者間の信頼関係構築
- ③ PL主導で勉強会を開催し、研究者のスキル向上に寄与
- ④ 基盤技術から実用化技術への円滑な成果移管

**産学官による垂直連携体制、  
研究者の人材育成、スキル向上に大きく貢献**

## 委員会及び連携会議の実施

公開

### ■ 外部有識者による技術推進委員会 : 2回開催

外部の専門家、有識者等によって構成される技術推進委員会を設置し、プロジェクトの目標達成度を把握するとともに、プロジェクトの資源配分の判断に資することを目的とする。

開催実績 第一回:平成19年2月13日 第二回:平成20年4月21日

立場	氏名	所属 部署	役職
委員長	佐久間 健人	高知工科大学	学長
委員	浅井 滋生	独立行政法人科学技術振興機構 JSTイノベーションプラザ東海	館長
委員	小豆島 明	横浜国立大学 大学院 工学研究院	教授
委員	茂木 徹一	千葉工業大学 工学部	工学部長

### 「実験数の増加、実用に向けた研究開発課題の明確化」等の指摘

→ PLが主導し再検討。研究開発計画へ反映。また、委員会等により更なる連携強化を図った

- 技術開発委員会 : 年4回
- PL打ち合わせ会 : 随時
- PLとNEDO担当者による実施者訪問 : 随時
- 各グループでのWGでの情報交換 (鍛造WG=年5回、リサイクルWG=年2回)
- メンバー間打ち合わせ : 月1回
- その他 PL勉強会 (外部の専門家による情報収集) : 3回

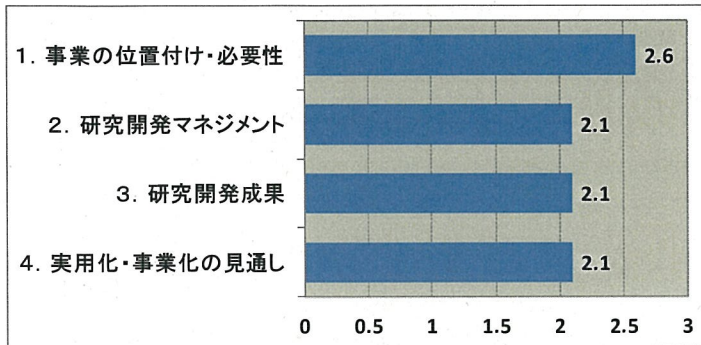


## 中間評価の実施と対応

公開

### 平成20年度に有識者による中間評価を実施(NEDO評価部主催委員会)

#### <中間評価結果>



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。

研究開発成果+実用化・事業化の見通し：  
3以上が「合格」、4以上が「優良」  
→本プロジェクトは  $2.1+2.1=4.2$  で「優良」評価

中間目標を達成しており、評価内容を  
反映させながら研究開発を継続

#### <評価と対応方針>

##### 評価

マグネシウムは最軽量の実用軽金属で、地球環境の温暖化対策、省エネ対策として今後普及の望まれる素形材である。まだほとんどがダイカストで製造されており、鍛造加工の市場規模は小さく、この市場拡大のための本事業は高く評価できる。

一方、多くの技術課題を解決するには、研究機関、素材メーカー、加工メーカーの連携が必要で、本事業は共通基盤技術研究開発と実用化技術研究開発に分けて実施しており高く評価できるが、今後これらの**連携強化**をより一層図る必要がある【1】。また、共通基盤技術の目標値と実用化技術の目標値に関連をもたせ【2】、リサイクル技術開発の位置づけなどを明確にすること【3】、さらに、期待の大きいマグネシウム鍛造部材に関するデータベースを構築することが重要である【4】。

##### 対応方針

【1】【2】研究機関、素材メーカー、加工メーカー相互のワーキンググループ活動を通算で30回実施してきたが、さらに上記の3者のテーマ内容の相互連携を強化するため、**サブプロジェクトリーダーを研究開発現場により近い位置にある者に変更**し、より指導力の発揮できる体制にする。

【3】リサイクル技術に関しては、操作性、安全性、低コスト化等の観点について位置づけを明確にし実施する。

【4】マグネシウム鍛造のモデル部材を中心にデータベースを構築した。今後、必要に応じて一層の内容の充実と利便性の向上に取り組む。



## 実用化、事業化に向けたマネジメント

公開

### ◆実用化・事業化に向けたマネジメント

#### (1) 開発状況に対応したフレキシブルな研究開発体制の変更

素材実用化研究開発についてプロジェクト4年目で最終目標を達成。早期終了(後述)。

#### (2) 市場動向に応じた実用化ターゲットの拡張

自動車、情報家電以外の実用化ターゲット拡大を検討。  
平成23年度以降、助成企業において順次実用化予定。

#### (3) 成果の普及に向けた広報活動

プロジェクト実施者・NEDO共催のシンポジウムを開催し(平成22年度)、ユーザ企業の開発者約100名の参加者を集めた。マグネシウム鍛造部材を実用化する意欲のある活発な質疑応答や、後日の製品開発相談につなげている。



### ◆知財マネジメント

下記の方針のもとにマネジメントを進めた。

(1) 企業の意向もふまえながら、材料など、特許取得が事業化に有効である場合には積極的に特許取得を行う(企業が中心)

(2) 助成事業では各社でノウハウ化したものは秘匿。

集中研での成果は加工データベースとして助成企業実施者がアクセスできるようにした。



## 情勢変化への対応(1) 体制変更

公開

### 鍛造用ビレット



#### ④マグネシウム合金の鍛造用ビレット調整技術開発

平成21年度  
素材の実用化研究開発について  
最終目標を達成



#### 実施体制の変更

プロジェクトで鍛造用素材(ビレット)の供給を担当してきた「三協マテリアル」について、実用化・事業化(製品化・供給体制構築)の加速に向け、プロジェクトでの研究開発を早期終了。

鍛造部材実用化研究開発担当の各社も、製品有償サンプルとしての素材供給を受けられ、プロジェクト終了後、早期の実用化につなげている



## 情勢変化への対応(2) 加速資金

公開

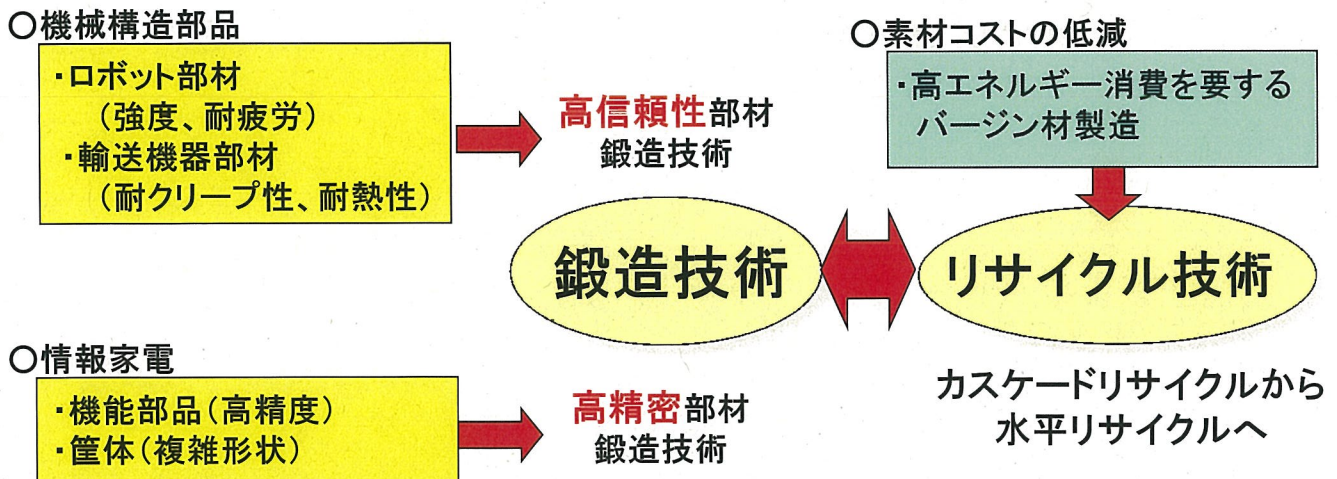
年度	研究開発項目	金額 (百万円)	加速理由
平成18年度	①マグネシウム試作鍛造部品の評価、解析、データ集積	13	欧州(2006年)での第一原理計算によるアルミニウムの解析やマグネシウム合金の構造材料設計へ展開する動きをキャッチ。また、米国(2006年1月)でもマグネシウム合金の耐熱性や加工性に関して、計算による解析と電子顕微鏡による実験的実証が進んでいる情報を得た。  → 国際競争上の優位性を確保する目的で鍛造素材ナノ・アトミックスケールの分析装置導入(分解能原子識別装置、局所領域組成分析装置)、X線CT検査装置導入を行い対応。
	②マグネシウム合金鍛造加工における微細組織と変形機構の関連性の解明	57	
	③マグネシウム合金のリサイクルに係る課題抽出	3	
	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)	15	
平成21年度	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)	18	研究開発成果をユーザ企業に示す中で、ユーザ企業(装置メーカー)より装置部品のニーズと仕様をキャッチ。  → 連続プロセス化に必要となる迅速・高温加熱装置を導入するため、加速資金を投入。

基盤技術  
確立

製品化に  
つながる

- I. 事業の位置付け・必要性について
- II. 研究開発マネジメントについて
- III. 研究開発成果について
- IV. 実用化・事業化の見通しについて

# 市場ニーズと開発技術





# 共通基盤技術の概要

公開

## 共通基盤技術

### 1) 鍛造技術 (鍛造温度の低下による高性能化: 高強度・高靱性) (高信頼性)

#### 学術的な知見

- 変形機構の結晶粒依存性
- 微細結晶粒AZ31の高延性 (非底面滑りの発現)
- 動的再結晶化による低温/高速超塑性の発現
- 第二相分散系による高強度・高延性の両立

マグネシウム鍛造技術

マグネシウム鍛造部材・部品の評価

初期組織と鍛造特性の関係解明  
(変形(鍛造)加工マップの整備)  
鍛造後の組織と特性の関係解明

### 2) リサイクル技術 (カスケードリサイクルから水平リサイクルへ)

#### 学術的な知見

- 合金純度と耐食性
- 新規リサイクル技術

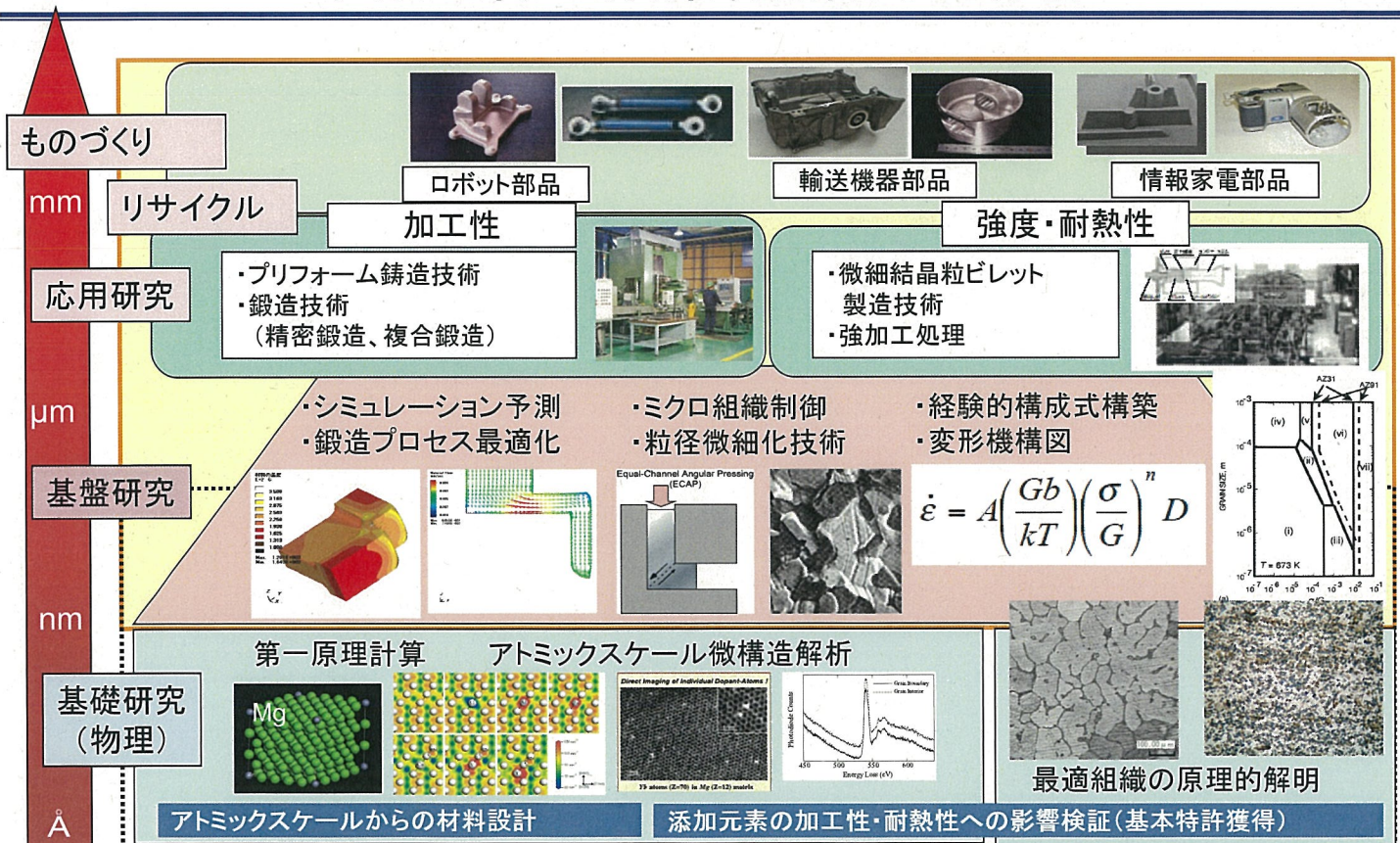
リサイクル技術の高度化による素材コストの低減

- ・市中スクラップの低コスト高品位化
- ・未利用廃材(研削屑)の資源化
- ・安全性の確保



# 事業全体の成果; 階層的全体像

公開







## 最終目標の達成状況(全体・委託事業)

公開

項目	達成度	判定基準・判定根拠など
事業全体	◎	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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できた。(世界初)</li> <li>・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。</li> </ul>
①マグネシウム試作鍛造部品の評価、解析、データ集積	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・世界で初めて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)。</li> <li>・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。</li> </ul>
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	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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世界で初めて原子レベルから明らかにした。(世界初)</li> <li>・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。</li> <li>・世界で初めて第二相粒子の寸法、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)</li> </ul>
③マグネシウム合金のリサイクルに係る課題抽出	◎	<ul style="list-style-type: none"> <li>・中間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世界で初めて構築した。(世界初)</li> <li>・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)</li> <li>・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、鍛造加工に必要な断面率での健全な成形を世界で初めて実現した。(世界初)</li> <li>・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。</li> </ul>

◎:最終目標を超えている ○:最終目標達成 ×:最終目標未達成



## 最終目標の達成状況(助成事業)

公開

項目	達成度	判定基準・判定根拠など
④マグネシウム合金の鍛造用ピレット調整技術開発	◎	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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)</li> <li>・結晶粒径 50<math>\mu</math>m達成, DAS 15<math>\mu</math>m以下達成、晶出物の微細・均一分散化実現達成</li> <li>・量産化に向けた基本的な鍛造技術確立に目処をつけた(三協マテリアル)</li> </ul>
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)	◎	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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(菊水フォーシング)</li> <li>・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<math>\pm</math>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(宮本工業)</li> <li>・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<math>^{\circ}</math>Cでの引張強さ180MPa以上で疲労寿命(疲労強度ベースで)2倍の部材を開発。エンジン周辺部材として3点を試作。(三井金属)</li> </ul>
⑥マグネシウム合金の鍛造部材開発(情報家電用機器)	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。(三井金属)</li> <li>・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(カサタニ)</li> </ul>
⑦マグネシウム合金のリサイクルに係る技術開発	○	<ul style="list-style-type: none"> <li>・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。</li> <li>・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。(タナベ)</li> </ul>

◎:最終目標を超えている ○:最終目標達成 ×:最終目標未達成



# 主な研究開発成果①

公開

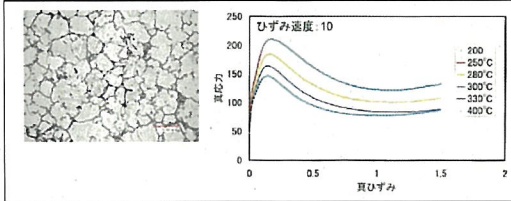
## ①マグネシウム試作鍛造部品の評価、解析、データ集積

委託事業

集中研での研究成果を企業で実施する助成事業で活用するために、データベースを構築する。

鍛造素材、鍛造部材の組織・機械的特性などを、鍛造条件・熱処理条件などと関連付けて整理する。

- 鍛造品の組織・特性に対する鍛造素材、鍛造条件の影響
- 潤滑剤および潤滑方法
- 金型コーティングの効果



材料	温度	強度	金型

企業現場に合わせたデータベース

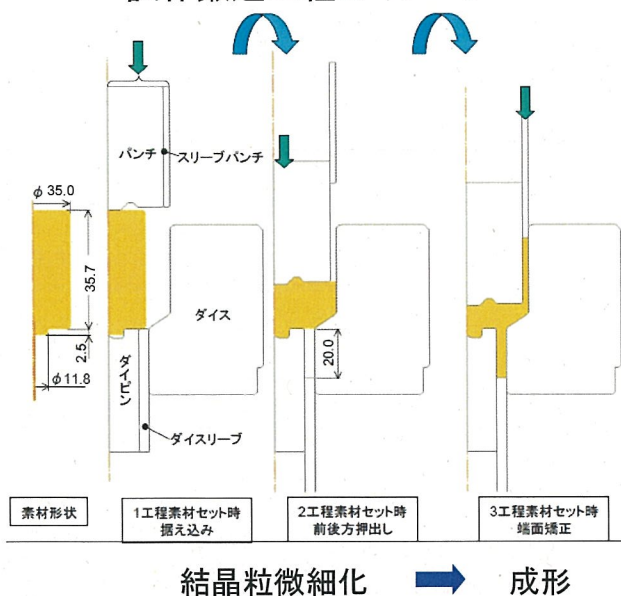


# 主な研究開発成果①

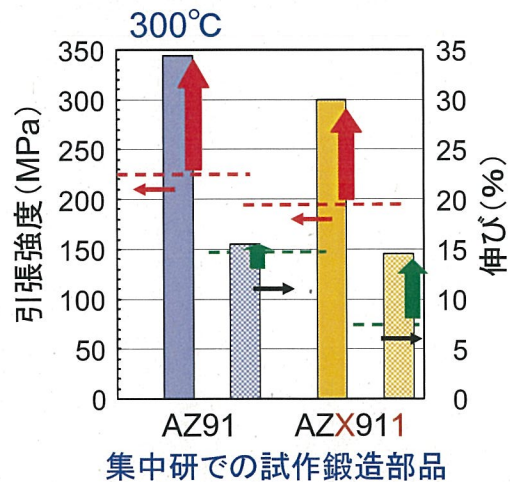
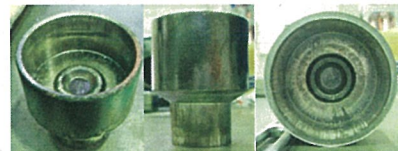
公開

委託事業

## 試作鍛造工程のイメージ



結晶粒微細化 → 成形



集中研での試作鍛造部品

低コストの素材である連続铸造材を対象とし、サーボプレスを使用して試作鍛造を行い、鍛造のメリットである成形による部品の機械的特性向上を実現した。

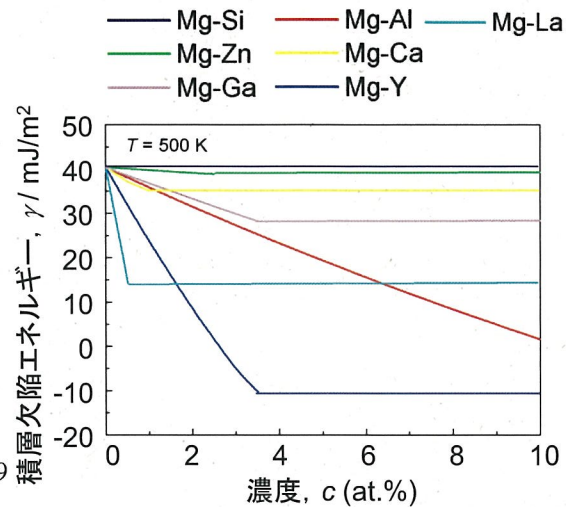
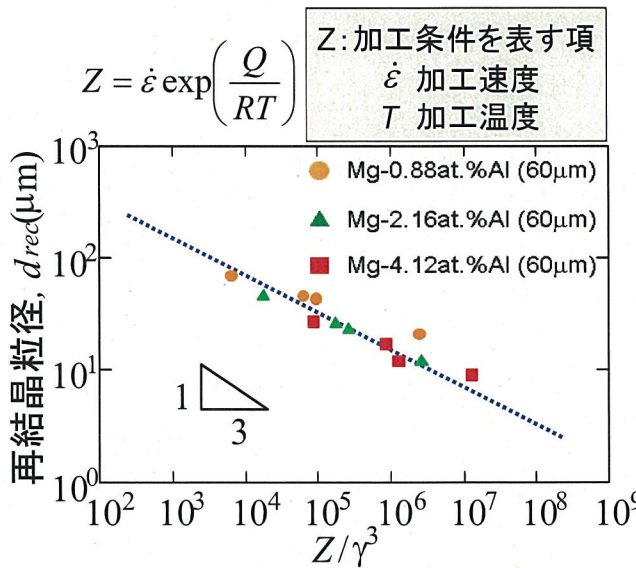


# 主な研究開発成果②

公開

## 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

委託事業



積層欠陥エネルギーの低下により結晶粒微細化の可能性はある

希土類元素の微量添加、Al添加量の増加により積層欠陥エネルギー低下 → 合金組成提言への基礎的知見

積層欠陥エネルギーと再結晶粒径との関係を世界で初めて明らかにした。

積層欠陥エネルギーに対する合金元素の効果を世界で初めて系統的に明らかにした。



# 主な研究開発成果②

公開

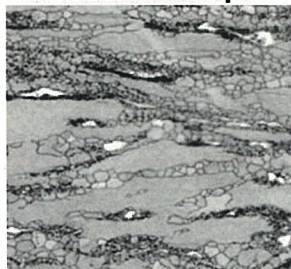
AZ91

委託事業

300°C<sup>-2</sup> × 10<sup>-1</sup> s<sup>-1</sup> 圧縮材

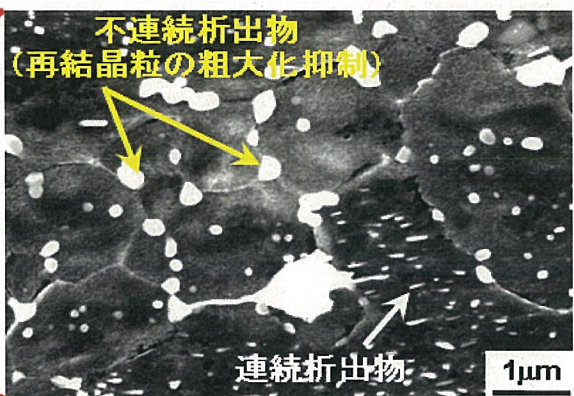
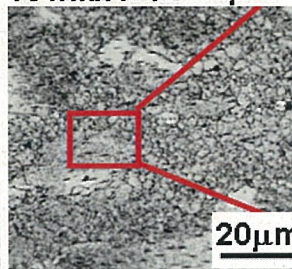
鑄造まま材

再結晶粒径 1.6 $\mu\text{m}$



24h均質化处理材

再結晶粒径 1.8 $\mu\text{m}$



AZ91合金均質化处理材を動的析出が生じるような低温で変形すると、結晶粒界に動的析出した微細な析出物が結晶粒の粗大化を抑制し、結晶粒は微細化する。

→ 動的析出物の制御が結晶粒微細化のポイントである。

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のは世界初の成果。



## 主な研究開発成果③

公開

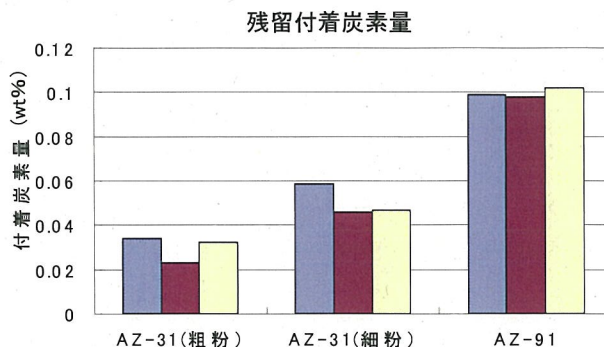
### ③マグネシウム合金のリサイクルに係る課題抽出

委託事業

#### 1) 過熱水蒸気を利用したマグネシウム表面付着物除去技術開発

切削油剤などを多く含むため現在未利用となっている、マグネシウム切削粉の再資源化を可能とする、安全かつ低コスト型不純物除去技術の開発に成功

##### 過熱水蒸気利用表面付着物除去装置



再溶解時における発煙などの作業環境の悪化や歩留まり低下の問題解決に貢献

残留付着炭素量0.1wt%以下を実現



固体リサイクル原料として活用可能



## 主な研究開発成果③

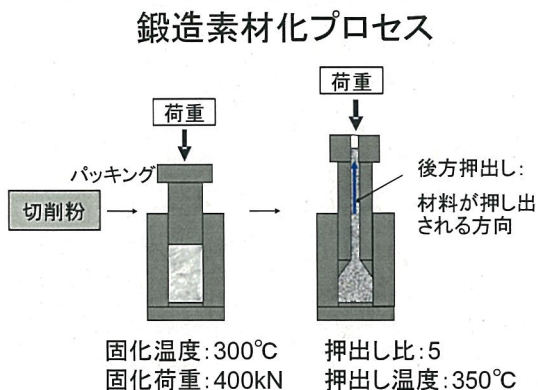
公開

### 2) 固体リサイクルによるマグネシウム切削粉(AZ31)の鍛造素材化

委託事業

再溶解を必要とせず、切削粉から直接鍛造素材を作製可能な、省エネルギー型固体リサイクル技術の開発に成功

##### 室温圧縮試験結果



	破壊強度 $\sigma_F$ /MPa	破壊ひずみ
AZ31押し出し材	272	0.35
過熱水蒸気処理スクラップ材から製造した素材	282	0.33
ドライ切削粉から製造した素材	300	0.43

低コスト、高性能鍛造素材の供給に貢献

リサイクル材の特性は押し出し材と同等以上

さらに、安全性の目安として『爆発災害防止対策ガイドライン』を策定



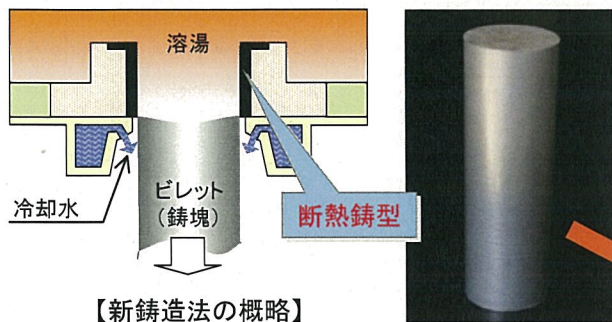
# 主な研究開発成果④

公開

## ④マグネシウム合金の鍛造用ビレット調整技術開発

助成事業

直接鍛造に供し得るマグネシウム鍛造用小径ビレットの実用化技術を開発



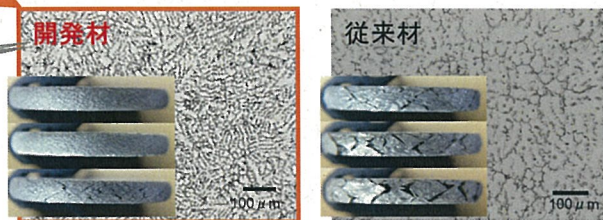
【新鑄造法の概略】

鑄型を断熱構造とし、ビレット凝固時の冷却条件を従来の鑄造法よりも均一・急冷化させた、新しい連続鑄造法を考案、確立

世界初のMg小径ビレットの連続鑄造法

…量産化技術にも目処

結晶粒径50 $\mu$ m、DAS15 $\mu$ m以下(従来比1/2以下)にビレット組織の微細化を実現  
⇒鍛造加工性の大幅な向上に貢献



【ビレットのマイクロ組織と高温圧縮試験結果】

高品質、押出レスによる低コストなMg合金鍛造用素材の供給体制を構築



# 主な研究開発成果⑤

公開

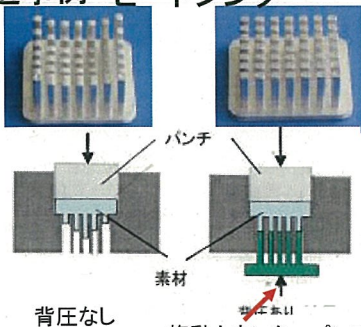
## ⑤マグネシウム合金の鍛造部材開発(輸送用機器、ロボット)

助成事業

サーボプレスによる新鍛造法の開発:

一工程内で動的再結晶による結晶粒微細化と複動鍛造による複雑形状品の省工程鍛造工法を開発(業界初:材料改質と複動鍛造による省工程鍛造)

鍛造事例 ヒートシンク



特徴:フィン高さが均一  
加工が不要,低コスト

鍛造事例 鉄道車両用コネクター



特徴:従来3工程→一工程鍛造  
低コスト、高性能

「サーボプレスで動的再結晶+複動鍛造で一工程鍛造」のメリット

	従来法	開発工法
特徴	フィン高さ不均一	フィン高さ均一
工程	1工程	1工程
精度	±2mm	±0.05mm

	従来法	開発工法
特徴	不良率高い	製品歩留まり良好
工程	3工程	1工程
精度	±0.7mm	±0.02mm

ユーザニーズに沿った高性能・低コスト鍛造部材の供給が実現(事業化達成2部品)



# 主な研究開発成果⑥

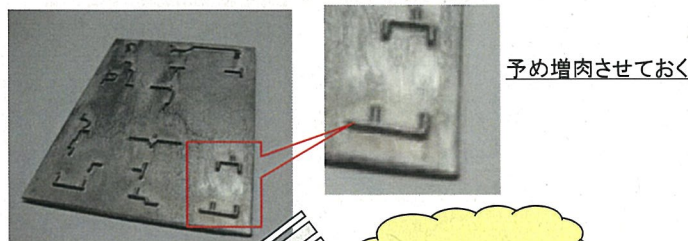
公開

## ⑥マグネシウム合金の鍛造部材開発(情報家電用機器)

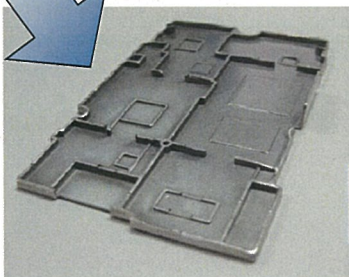
助成事業

### 板材から鍛造・プレス加工技術の確立

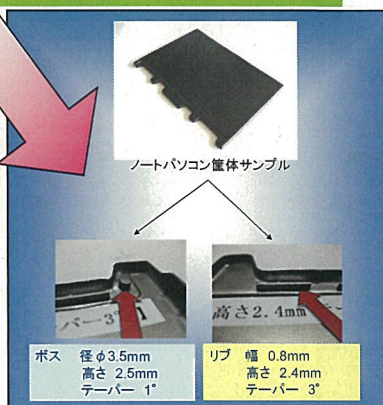
### ダイカスト材から鍛造・プレス加工技術の確立



- メリット(成果)
- ・ボス・リブ成形性向上
  - ・材料費削減
  - ・金型寿命UP
  - ・材料歩留まりUP
  - ・材料調達自由度UP
  - ・設備費の削減



プレスでは作れないボス・リブ形状の加工技術を確立



ノートパソコン筐体部品 (加工後)

ダイカスト材から、板材からともに、プレスでは作れないボス・リブ形状の加工技術を確立



# 主な研究開発成果⑦

公開

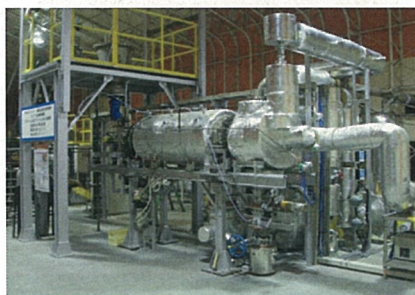
## ⑦マグネシウム合金のリサイクルに係る技術開発

助成事業

<基盤技術研究装置>

<助成事業研究開発装置>

### 切粉処理装置



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。

### 端材処理装置



・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。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。

共通基盤技術研究の成果を活用し、独自改良を加えることで小プラント構築技術完成



## 成果の意義

公開

安価な小径連続鍛造材を出発材とし、マグネシウムの本性である動的な再結晶と析出挙動を最適化することで、高度な鍛造技術を世界に先駆けて開発した。また、リサイクル材を用いた固体リサイクル技術の可能性を明示し、その具現化のための過熱水蒸気による表面前処理技術を構築した。さらに、マグネシウムに関する取り扱い安全性の標準化に目処を立てることができた。最後に、鍛造マップをデータベース化し、マグネシウム鍛造に取り組み易い環境を構築した。



マグネシウム鍛造の基本的構成技術を開発し、  
その礎を構築できた

今後、マグネシウム鍛造品を実用化、あるいは事業化に  
大いに貢献できる



## 成果の普及

公開

	H18	H19	H20	H21	H22	計
特許出願	5	3	9	2	1	20件
論文(査読付き)	5	9	3	10	16	43件
研究発表・講演	7	18	30	41	54	150件
受賞実績	0	1	0	3	8	12件
展示会への出展	0	2	4	13	15	34件

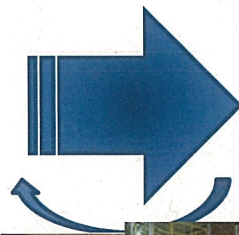
- I. 事業の位置付け・必要性について
- II. 研究開発マネジメントについて
- III. 研究開発成果について
- IV. 実用化・事業化の見通しについて

## 成果の実用化可能性

### プロジェクトの実用化イメージ:

基盤技術研究開発成果が助成事業の実用化・事業化に活かされ、波及効果も含めて、競争力のある産業となって製品展開されている

鍛造用ビレット

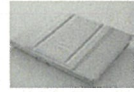


リサイクル装置

2輪・4輪用鍛造部材



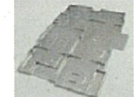
ノートパソコン筐体



輸送機器(新幹線)コネクタ



携帯電話筐体/内装部品



自転車部品



カメラ部材



### 鍛造用材料の成果・実用化

#### 鍛造用小径連続铸造ビレット

- ・押し出し工程無しで、微細結晶粒径の小径ビレット 鑄造技術を確立
- ・量産技術を構築。サンプル出荷開始済み 量産を進めながらさらにコスト低減させる
- リサイクル装置普及による循環型社会の実現
- ・回収プランをたてて鍛造部材用素材に還していく。

### 鍛造部材開発の成果・実用化

#### 輸送機器

- ・軽量性の他、マグネシウムの振動吸収性も利用し、各種部材の開発が進む

- ・積載機器のヒートシンク等でも軽量化に寄与

#### 情報家電ほか

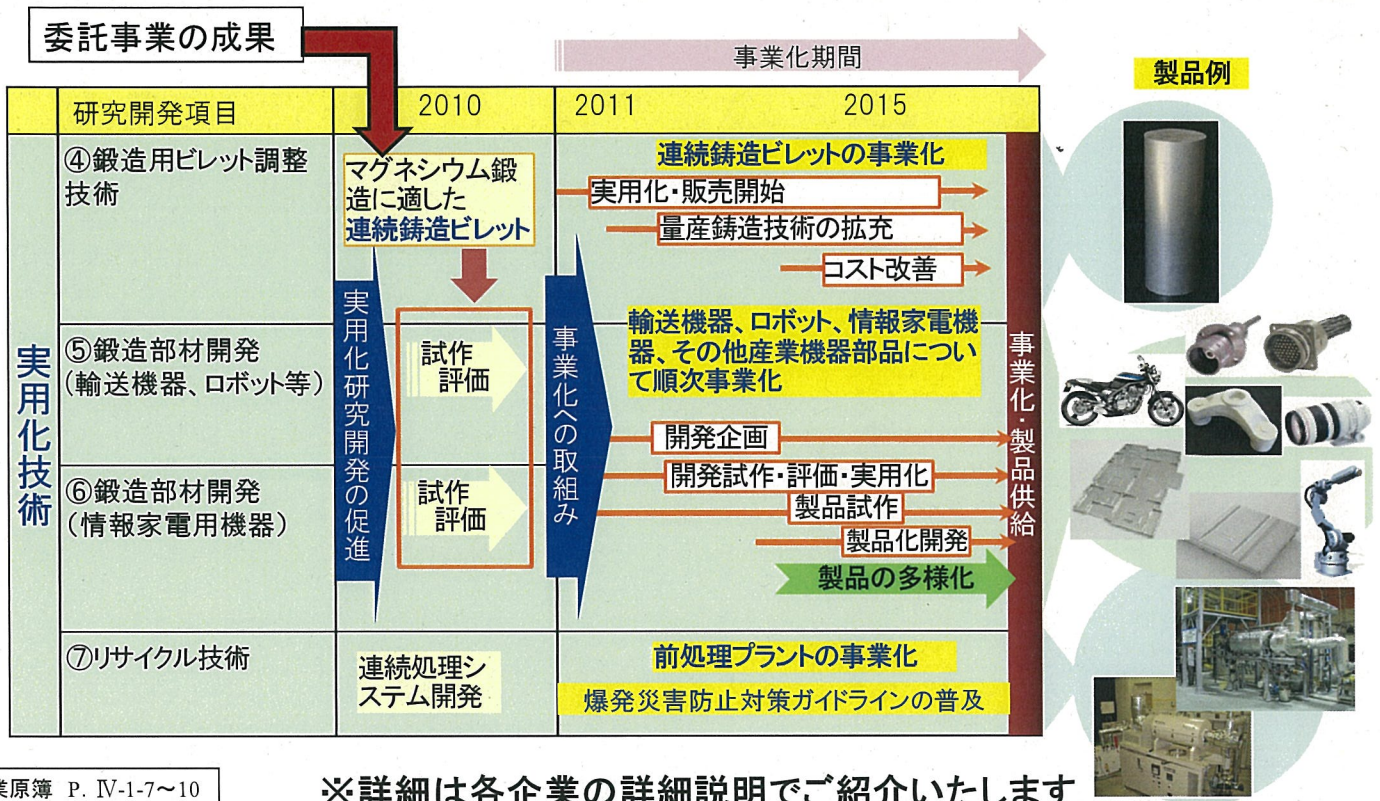
- ・電磁波吸収性も活用し、ノートパソコン、携帯電話の筐体・部品に実用化が進む。カメラ部材の実用化など、他の用途でも広がり。





# 実用化、事業化までのロードマップ

公開



## 波及効果

公開

### NEDOプロジェクト実施による各分野への波及効果

- 産業** : マグネシウム関連部材の市場化、及び環境整備(鍛造技術+リサイクル技術+安全ガイドラインを一体となって実施)
- 経済** : マグネシウム産業の国際競争力の強化、雇用増加
- 社会** : 軽量化部材の一層の普及により、省エネ化、CO2削減効果が期待
- 人材育成** : 研究者の知識、スキルの向上