

# 「革新的新構造材料等研究開発」 (中間評価)

(2014年度～2022年度 9年間)

## 5. プロジェクトの概要説明 (公開)

5.1「事業の位置付け・必要性」「研究開発マネジメント」

NEDO

材料・ナノテクノロジー部

2020年8月28日

I. 事業の位置付け・必要性

- (1)事業の目的の妥当性
- (2)NEDOの事業としての妥当性



NEDO

II. 研究開発マネジメント

- (1)研究開発目標の妥当性
- (2)研究開発計画の妥当性
- (3)研究開発の実施体制の妥当性
- (4)研究開発の進捗管理の妥当性
- (5)知的財産等に関する戦略の妥当性



III. 研究開発成果

- (1)研究開発目標の達成度及び研究開発成果の意義
- (2)成果の最終目標の達成可能性
- (3)成果の普及
- (4)知的財産権の確保に向けた取り組み



PL

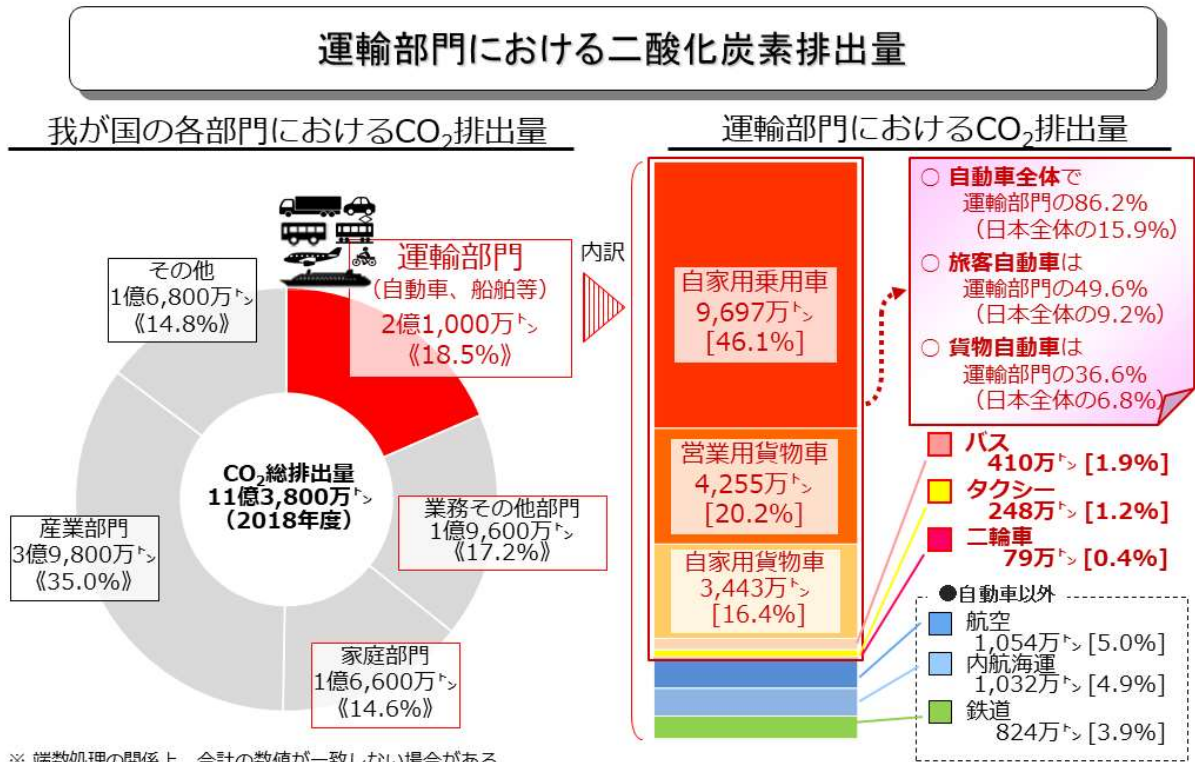
IV. 成果の実用化・事業化に向けた取り組み及び見通し

- (1)成果の実用化・事業化に向けた戦略
- (2)成果の実用化・事業化に向けた具体的取り組み
- (3)成果の実用化・事業化の見通し

1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

◆ 事業実施の背景

- 国内年間CO<sub>2</sub>排出総量は約11億3800万トン。うち運輸部門は約18.5% (約2億1000万トン)を排出。自動車は運輸部門の86%を占め、日本全体の16%を排出している。
- 国内のエネルギー消費量は1.3万PJ。うち運輸部門は約23%を消費、その内訳はガソリン、軽油、LPガス、潤滑油等、石油系エネルギーを98%利用している。自動車は運輸部門の83%を占める。
- 自動車の燃費改善技術は非常に社会的影響が大きい

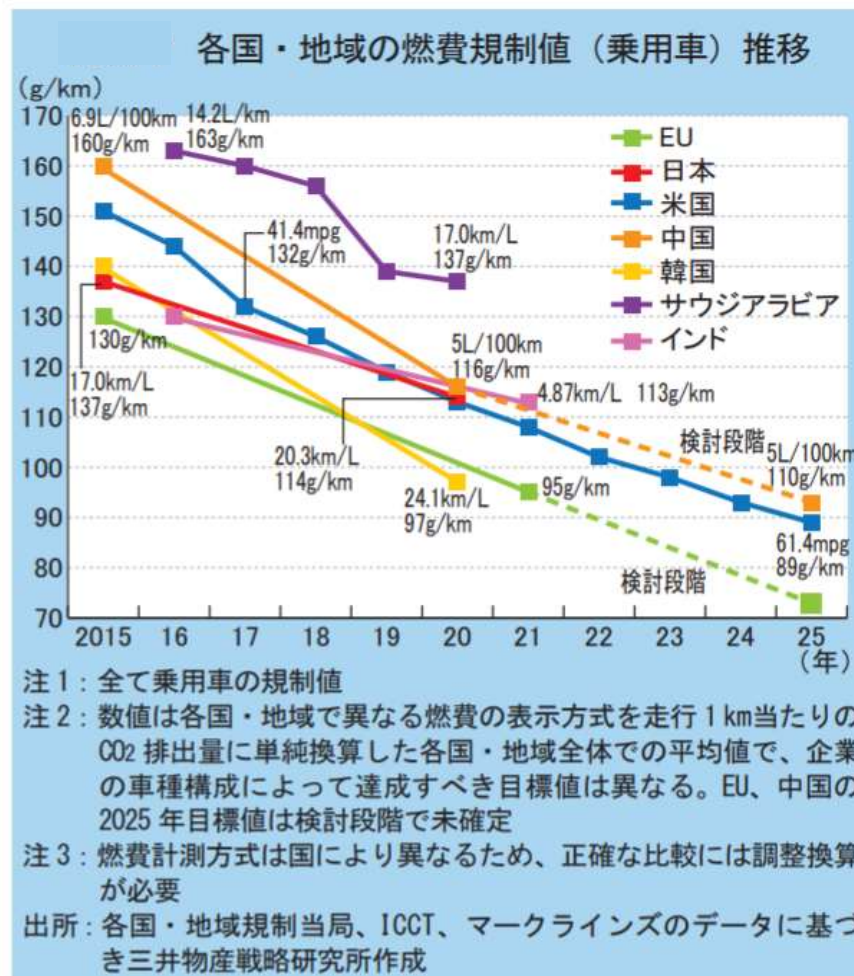


※ 端数処理の関係上、合計の数値が一致しない場合がある。  
 ※ 電気事業者の発電に伴う排出量、熱供給事業者の熱発生に伴う排出量は、それぞれの消費量に応じて最終需要部門に配分。  
 ※ 温室効果ガスインベントリオフィス「日本の温室効果ガス排出量データ (1990~2018年度) 確報値」より国土交通省環境政策課作成。  
 ※ 二輪車は2015年度確報値までは「業務その他部門」に含まれていたが、2016年度確報値から独立項目として運輸部門に算定。

1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

◆事業実施の背景

- 自動車は燃費規制強化が必至(欧米でも規制強化の動き)。軽量化が鍵。
- 従来の延長上にはない画期的な軽量、高強度、長寿命の材料が必要。



出典: 三井物産戦略研究所戦略研レポート  
 「世界の燃費規制の進展と自動車産業の対応」  
 (https://www.mitsui.com/mgssi/ja/report/detail/\_\_icsFile  
 s/afieldfile/2017/03/15/170315i\_nishino.pdf)

## 1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

## ◆政策的位置付け

## 革新的新構造材料等研究開発は経産省未来開拓プロジェクトの一つ

## 1. リスクの高い中長期的テーマ

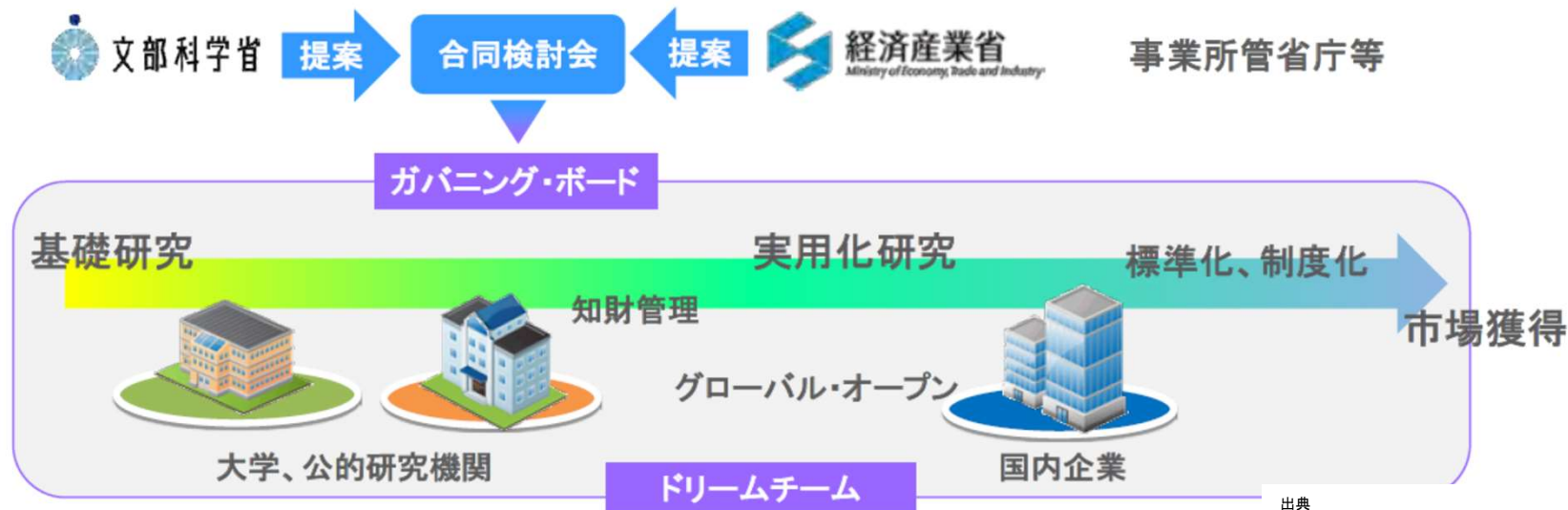
- 短期の対策に加え、事業化まで10年を超えるような、**リスクが高い研究開発を国が主導**
- エネルギー・環境制約など、抜本的な対策が必要な分野に集中投資

## 2. 省庁の枠を超えた連携

- 経産省、文科省の局長級をヘッドとする**合同検討会**で連携テーマを設定
- 両省のプロジェクトを一体的に運営する**ガバニング・ボード**を設置、**基礎から事業化まで一貫通貫**

## 3. ドリームチーム

- 技術と事業の両面で世界に勝てる産学官**ドリームチーム**（国益確保を前提に外国企業の参加も検討）
- 事業化促進のための適切な知財管理

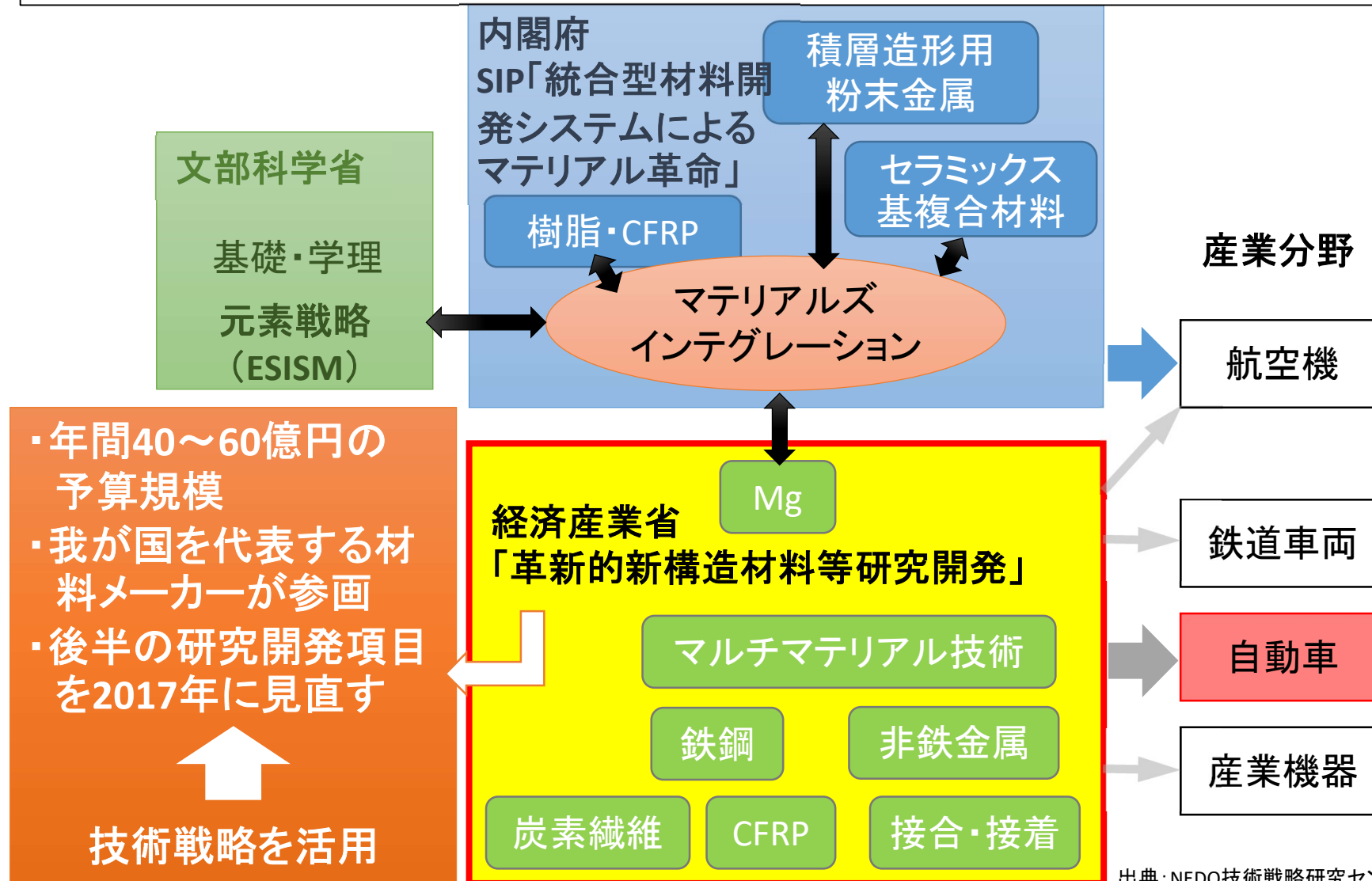


1. 事業の位置付け・必要性

(1) 事業の目的の妥当性

◆ 他事業との関係

■ 構造材料の高性能化、軽量化をめざし、経済産業省、内閣府、文部科学省がそれぞれ分担しながら研究開発を進めている



# 1. 事業の位置付け・必要性 (1) 事業の目的の妥当性

## ◆ 国内外の研究開発の動向と比較

(LD:リーディング、DH:デッドヒート、RA:ランアフター)

	現在		プロジェクト終了後	
①マルチマテリアル技術開発	RA ~ DH	マルチマテリアル構造設計に適した解析手法であるトポロジー最適化法の適用により、設計ツールを開発しており、さらに、開発した設計ツールをもとに、高性能なマルチマテリアル車体設計を実現しようとしている。欧州が先行。	DH	開発材料・接合方法を適用可能な最適設計法を構築し、マルチマテリアル最適構造の導出と接合方法を含めた評価を実施し、最終的に混流生産可能なマルチマテリアル軽量化車体の提案を目指す。これにより他国との競争力を維持する。
①接合技術	RA ~ DH	自動車の軽量化(マルチマテリアル化)に向けて、日米欧で開発競争が激化している。欧米では異業種が連携したコンソーシアム型の国家プロジェクトが立ち上がっている。また、TWILに関する基本特許は英国のものだが、2015年にExpireし、周辺特許は日本勢が多くを抑えている。	DH	下記の部材開発と併せて接合技術を開発することで、次世代の部材に適した実用性のある接合技術の実現を目指す。これにより他国との競争力を維持する。
②革新チタン材	DH	スポンジチタンのシェアは中国に次ぐ25%、延伸加工材のシェアは10%。航空機等の重要部材では優位を保っているが、高いエネルギーコストと複雑な生産工程がネック。	LD	精錬・加工プロセスの生産性向上と高機能化により、特に航空機向けなどの高付加価値分野で競争力を向上。
③革新アルミニウム材	RA	日系企業のアルミ合金のシェアは14%。精錬・加工まで垂直統合している海外メジャーと比較して生産性で劣る。自動車メーカーと連携して海外進出。	DH	本PJにて新規合金製造プロセスを開発し、現行法では到達不可能な「海外メジャー並」の低価格化を実現し、品質面でも優れたアルミ合金を開発することで市場シェアを拡大する。
④革新マグネシウム材	RA	マグネシウム合金の市場シェアは10%と低い状況。今後は、難燃性が鍵だが、日本や韓国にて性能改善の成果が出ている。	DH	合金設計技術からプロセス技術、評価技術、データベースの構築などを一体的に推進し、強度・延性・難燃性等の優れた材料を開発し、より多くの市場を獲得する。
⑤革新鋼板	DH	欧州とシェア40~50%で市場を分け合っているが、中国・韓国の競争力も向上しつつあり、競争力低下が懸念される。添加レアメタルの需要逼迫も懸念材料	DH ~ LD	レアメタル添加量を極限まで抑制した上で強度を向上させる技術開発により、競争力を向上。
⑥熱可塑性CFRP	RA ~ DH	航空機、産業機器、スポーツ用品業界等では熱硬化性CFRPの需要が多く、加工技術も欧州が進んでいるが、熱可塑性CFRPは、我が国でも基盤技術が出来た段階で、材料も成形加工技術は、世界中がまだこれからの状況。	LD	熱可塑性CFRPの易加工性、リサイクル性、加工コスト等の優位性から適用需要は拡大が可能に。低コスト炭素繊維開発との相乗効果で、現在、約10%程度の世界のCFRP製品市場の大幅拡大が期待出来る。
⑦革新炭素繊維	LD	材料開発技術力は極めて高く、世界の主要生産企業7社中、我が国の企業3社で市場シェアの約70%をほぼ独占しており、外国企業の追随を許さない状況下にある。但し、消費エネルギー及びCO <sub>2</sub> 排出量が多く、高コストは共通の課題。	LD	低コスト炭素繊維の実現に伴い、使用用途の拡大・環境負荷低減が進むことで世界的に炭素繊維の使用量増大が期待出来、国際優位性は盤石なものとなる。世界市場シェアの独占も視野に入れられる。

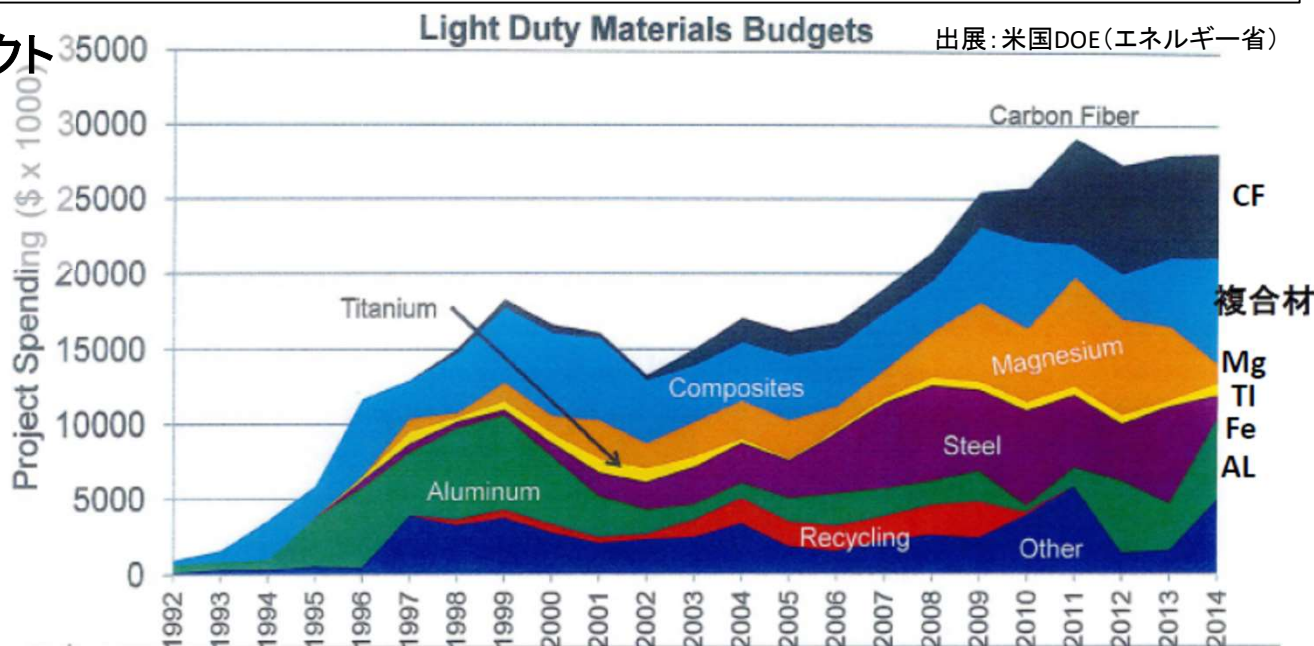
# 1. 事業の位置付け・必要性 (1)事業の目的の妥当性

## ◆国内外の研究開発の動向と比較

- 自動車の政策動向として、ガソリン車から次世代車への転換をうながす傾向が加速
- 海外でも輸送車両の軽量化を目指した材料開発プロジェクトが実施中
- 欧州では特にEVを開発ターゲットとした研究開発プロジェクトにシフト

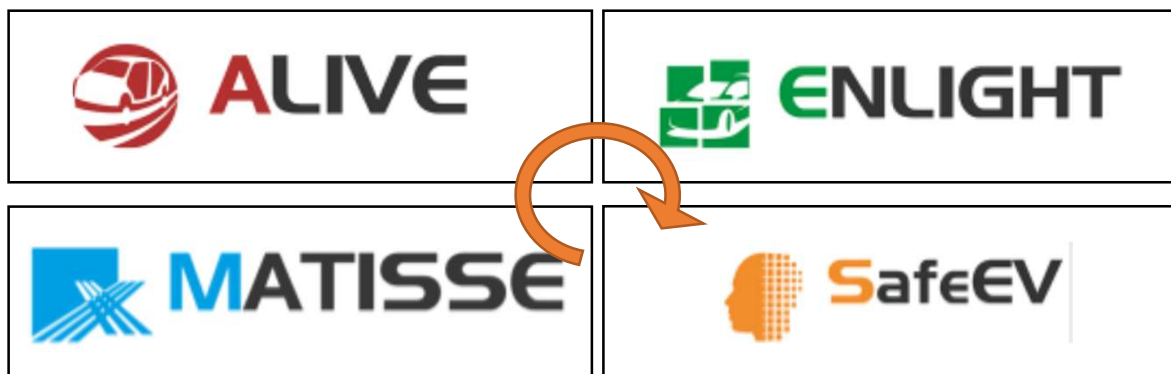
### 米国の車両軽量化プロジェクト DOE “Lightweight Materials” 予算推移

- ・総額として増加傾向
- ・金属から樹脂コンポジットへ



### 欧州の車体軽量化 プロジェクト例(SEAM)

- ・設計技術や安全評価も  
一体で開発
- ・EV対象





## ◆NEDOが関与する意義

車両軽量化のための革新的新構造材料の開発は、

### 1. リスクの高い中長期的テーマ

- 短期の対策に加え、事業化まで10年を超えるような、リスクが高い研究開発を国が主導
- エネルギー・環境制約など、抜本的な対策が必要な分野に集中投資

### 2. 省庁の枠を超えた連携

- 経産省、文科省の局長級をヘッドとする合同検討会で連携テーマを設定
- 両省のプロジェクトを一体的に運営するガバニング・ボードを設置、基礎から事業化まで一気通貫

### 3. ドリームチーム

- 技術と事業の両面で世界に勝てる産学官ドリームチーム
- 事業化促進のための適切な知財管理

NEDOがもつこれまでの知識、実績を  
活かして推進すべき事業

◆実施の効果（費用対効果）

プロジェクト費用の総額 358億円(10年間推定)

売上予測 1.2兆円

CO<sub>2</sub>削減効果 373.8万tCO<sub>2</sub>/年

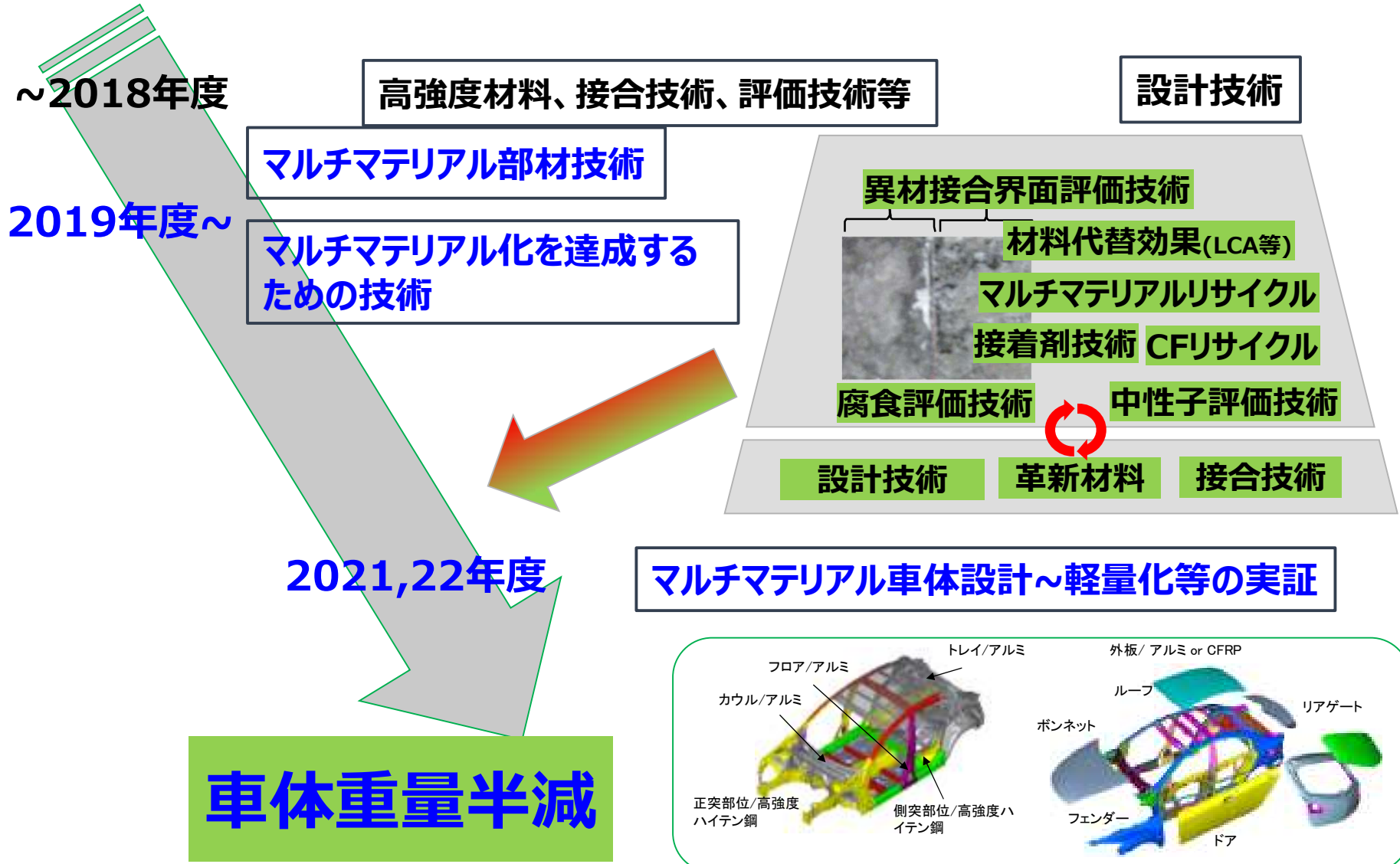
(車両軽量化の効果として)

※売上、効果は、2030年度の推定値

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

### ◆事業の目標

本事業では、エネルギー使用量及びCO2排出量削減を図るため、その効果が大きい輸送機器(自動車、鉄道車両等)の抜本的な軽量化に繋がる技術開発等を行います。本事業を通じて輸送機器の原材料を革新的新構造材料等に置き換えることで、抜本的な軽量化(自動車車体の場合50%軽量化)を目指します。



## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

### ◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目		研究開発目標		根拠
		中間目標(2020年度末)	最終目標(2022年度末)	
マルチ マテ リ ア ル 技 術 開 発	(1) マルチマテリアル設計 技術開発	<p>(a) トポロジー最適化システムの構築・複数の材料のトポロジー最適設計法を構築する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・線形過渡応答問題のトポロジー最適設計法を構築する。</li> <li>・複数の材料・線形過渡応答問題のトポロジー最適化結果を評価・検討および他のCAEツールと連携可能なシステムを構築する</li> </ul>	<p>(d) マルチマテリアル実設計への適用</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・開発材料を利用した最適設計法を構築する。</li> <li>・マルチマテリアル最適構造の導出と接合方法を含めた評価を実施し、最終的にマルチマテリアル設計車体の提案を行う。</li> </ul>	<p>自動車や航空機等輸送機器の軽量化には、異種材料を適材適所に配置したマルチマテリアル構造の導入が、必要不可欠である。しかし、その設計手法は確立されておらず、現状では単なる材料置換にとどまっている。異種材料接合のモデル化も含め、マルチマテリアル構造最適化の設計手法等の確立をはじめとした総合的な技術開発が急務となっている。</p>
		<p>(b) マルチマテリアル界面評価・モデル化</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・マルチマテリアル界面の評価方法の現状、および今後のニーズを調査する。</li> <li>・数値解析技術により、マルチマテリアル界面をモデル化する。トポロジー最適化システムとの連携可能な適切な方法を検討する。</li> <li>・有望と考えられる接合法によって作製された試験片をモデル化し、マルチマテリアル界面として評価検討する。</li> </ul> <p>(c) 車体構造適用可能性検討</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・複数の材料の利用を想定した対象問題を選定し、そのデータを作成する。</li> <li>・車体構造への展開を目的としたソフトウェアの大規模問題への拡張を検討する。</li> <li>・最適構造の工学的な妥当性を検証・評価する。</li> </ul>		

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

### ◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目		研究開発目標		根拠
		中間目標(2020年度末)	最終目標(2022年度末)	
接合技術開発	(2) 中高炭素鋼／中高炭素鋼接合技術の開発	(a) スポット接合技術開発 ・接合強度: 厚み1.4mm、強度1.5GPa以上の中高炭素鋼で、JIS-A級(JIS Z3140:2017)の引張せん断荷重平均値の70%以上、十字引張荷重平均値の70%以上 (b) 連続接合技術開発 ・接合強度: 厚み1.4mm、強度1.5GPa以上の中高炭素鋼同士で、母材強度の70%以上	(a) スポット接合技術開発 ・接合強度: 厚み1.4mm、強度1.5GPa以上の中高炭素鋼で、JIS-A級(JIS Z3140:2017)の引張せん断荷重平均値以上、十字引張荷重平均値以上 (b) 連続接合技術開発 ・接合強度: 厚み1.4mm、強度1.5GPa以上の中高炭素鋼同士で、母材強度の90%以上	輸送機器の製造では、高強度材の同種接合や、マルチマテリアル化に必要な異種接合の需要が高いものの、現状では、接合強度やコストの面で実用的な技術が十分に確立されていない。例えば自動車の次世代構造材として期待される中高炭素鋼(C>0.3%)や、航空機で多用されるチタン材の接合では、高温加熱時に、変態・炭化物の析出や酸化による材料の脆化が起こるため、従来型の溶融接合法が適用できない。代表的な非溶融接合の一つである固相摩擦攪拌接合も、中高炭素鋼やチタン材に対しては、攪拌ツールの激しい摩耗・損傷等がネックとなり、現状では適用が困難である。鋼材／アルミ、鋼材／CFRP、アルミ／CFRP等のマルチマテリアル化で鍵となる異種接合では、低融点側材料の劣化、接合部での脆い金属間化合物の生成、線膨張係数の違いによる歪みの発生、電食など、多くの問題点が残されている。
	(3) 鋼材／アルミニウムの接合技術の開発 (スポット接合技術)	・接合強度: 抵抗スポット溶接による剥離強度として十字引張荷重平均値が1.5kN以上	・接合強度: 各種実用部品の接合で、JIS-A級(JIS Z3140:2017)の引張せん断荷重最小値以上または母材破断 ・接合時間: 1点あたり5秒以内	
	(4) アルミニウム／CFRP接合技術の開発	・ポリアミド樹脂(PA)、ポリフェニレンスルファイド樹脂(PPS)など高融点樹脂をマトリックスとするCFRPの接合技術の確立 ・電食の評価手法確立と防錆仕様検討への応用	・接合強度: 各種実用部品の接合で、JIS-A級(JIS Z3140:2017)の引張せん断荷重最小値以上または母材破断 ・接合時間: 1点あたり5秒以内 ・プロセスモニタリング技術の確立	
	(5) 鋼材／CFRP等樹脂接合技術の開発	・鋼材／CFRP複合成形パネルの製作に向けた接合材料の仕様確定 ・試験片レベルの接合強度: 引張せん断強度15MPa以上	・鋼材／CFRP複合成形パネルの製作 ・成形パネルの接合強度: 引張せん断強度20MPa以上	
	(6) 構造材料用接着技術の開発	・接合強度: 金属用接着剤では引張せん断強度20MPa以上、プラスチック用接着剤に対しては7MPa以上。 ・接着接合部の耐久性向上の検討	・接合強度: 金属用接着剤は引張せん断強度28MPa以上、プラスチック用接着剤に対しては10MPa以上。	

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

### ◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標		根拠	
	中間目標(2020年度末)	最終目標(2022年度末)		
革新的チタン材の開発	(1) 製錬・溶解・熱延工程を革新的に短縮した高機能チタン薄板製造技術開発	(a) 高品質スポンジチタン高効率製造プロセス要素技術の開発 ・実機スケールで、Fe ≤ 200ppm、O ≤ 150ppm、Cl ≤ 300ppmのスポンジチタンを製造可能な技術の確立 ・A級スポンジチタンの歩留向上(85%を92%に向上)可能な技術の確立 (b) 上記スポンジチタンを活用した高効率チタン薄板製造プロセス要素技術の開発 ・大型試験設備によりチタン薄板コイルを試作 ・上記で試作したチタン薄板の気孔率0.2%以下 ・チタン薄板の強度・延性バランスを現行材よりも30%向上 ・現行プロセスに比べて薄板製造のリードタイムを15%低減	(b) 上記スポンジチタンを活用した高効率チタン薄板製造プロセス要素技術の開発 ・第3期で作製した薄板を用いた自動車部品サンプルの試作	チタン材は、一般的な金属材料と比較して、耐食性や強度に優れるため、長期耐久性が求められる構造部材や、航空機の一部機体や部品など、高い負荷環境下で利用されている。一方、チタンの資源量は比較的豊富であるものの、チタン材は複雑な工程によって製造されており、高いコストが原因でチタン材の普及が妨げられているのが現状である。したがって、チタン材の利用促進のためには、チタン製錬やチタン材製造プロセスの生産性向上が必要となる。また、チタン材のさらなる高機能化によって幅広い応用展開が期待できる。
	(2) チタン材連続一貫製造プロセス技術開発	・引張強度が現行材より20%向上した材の量産プロセス検証	・引張強度が現行材より20%向上した材を用いて実機相当部材を試作	
	(3) チタン新製錬技術開発	・工業化が可能と判断されるFe ≤ 2000ppm、酸素 ≤ 1000ppmで、現行クロール法よりコスト20%削減に必要な要素技術を提示。 ・大型化試験により、A4判サイズ、数百μm厚さで、O ≤ 1000ppm、Fe ≤ 2000ppmを試作。	・第3期の成果をベースとした自動車部品サンプルの試作	
革新的アルミニウム材の開発	(1) 高強度・高靱性アルミニウム合金の開発	・疲労強度を維持しながら高強度化した合金(引張強度: 750MPa)の実機レベル(大型ねじり鍛造装置を用いた)の製造技術開発	・開発合金の実機化製造条件の技術指針確立 ・航空機の実機カットモデルの作製・評価と量産・事業化に向けた課題解決	アルミニウム材は比強度や延性に優れた軽量材料であり、既に様々な輸送機器に活用されている。しかしながら、現状のアルミニウム材では、輸送機器の更なる軽量化に向けての一層の高強度化や、コスト面での課題がある。したがって、アルミニウム材の物性をより向上させる技術の開発とともに、低コスト化が重要となっている。
	(2) アルミニウム材製造電析プロセス技術開発	・新電析浴において、電析速度1.0μm/min以上の達成 ・新電析浴を用いた量産ライン設計指針の確定 ・従来溶製法では製造不可な新電析浴を用いた新Al合金および作製法の指針確定	・不純物濃度10ppm以下、電解コスト10kWh/kg以下(国内で150円/kg以下) ・大型試験装置による実機化技術の検証	
	(3) 複層アルミニウム合金の開発	・熱処理後の耐力700MPa以上 ・成形前の伸び20%以上 (部材成形性)平面歪領域の破断限界ひずみ0.15以上	・成形前:(部材成形性)平面歪領域の破断限界ひずみ0.2以上 ・熱処理後:(部材圧壊性)VDA曲げ角度40°以上	

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

### ◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目		研究開発目標		根拠
		中間目標(2020年度末)	最終目標(2022年度末)	
革新的マグネシウム材の開発	(5) 革新的マグネシウム材の開発および長期性能評価	(5-1) 前期で開発した合金を用いて高速鉄道車両適用のための大型部材(長さ5m以上)の材料製造技術(押出技術、圧延技術、加工技術)を構築する。 (5-2) 自動車への適用に必要な機械的特性、成形性を有するマグネシウム材の開発と製造技術を確立する。 (5-3) (5-1), (5-2)で開発した合金を対象として実用化に必要な長期性能(疲労特性等)データベースを構築する。	(5-1) 前期で開発した合金(6N01もしくは7N01合金並みの機械的特性を有する合金)を用いて鉄道車両のための大型部材(長さ25m以上)の量産技術の技術指針を構築する。 (5-2) 自動車への適用に必要な機械的特性、耐食性、成形性を有するマグネシウム材の適用技術(成形技術、スケールアップ技術)を確立する。 (5-3) (5-1), (5-2)で開発した合金を対象として、実用化に必要な長期性能(疲労特性等)データベースを機械学習等のデータサイエンスを利用して構築する。	マグネシウムは、実用金属中で最も軽く、優れた比強度を有することから、CFRPと並び次世代の構造材料として注目されている。しかしながら、マグネシウムは化学的に活性で燃えやすく、加工性が悪いなどの欠点がある。今後、輸送機器用途へと応用するためには、耐熱性と加工性(特に展伸性)に優れたマグネシウム材の開発を、資源供給不安の少ない組成(レアアースフリー)により実現することが求められる。
	(6) マグネシウム製高速鉄道車両構体の開発	(6-1) 革新的マグネシウム材を用いて高速車両構体を設計するための技術指針を、一般断面モックアップ構体の作製・評価を通じて構築する。 (6-2) 革新的マグネシウム材を用いて一般断面モックアップ構体を作製するための接合技術および表面処理技術を構築する。	(6-1) 革新的マグネシウム材製の実物長高速車両構体を設計するための技術指針を構築する。 (6-2) 革新的マグネシウム材製の実物長高速車両構体を作製するための接合・組立技術および表面処理技術・施工技術を構築する。	
	(7) マグネシウム材の性能・寿命に関するマテリアルズ・インテグレーション(MI)活用技術開発	・難燃性マグネシウム合金接合部の疲労性能・寿命を、理論や経験則、数値モデリング、データベース、機械学習などにより予測可能とする各モジュールのプロトタイプを完成させる。	・難燃性マグネシウム合金接合部の長期性能(疲労性能・寿命、耐食性等)を、理論や経験則、数値モデリング、データベース、機械学習などにより予測可能とする各モジュールの検証を実施し、統合したワークフローとして完成させる。	

## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

### ◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目		研究開発目標		根拠
		中間目標(2020年度末)	最終目標(2022年度末)	
革新鋼板の開発	(1) 高強度高延性中高炭素鋼の開発	・レアメタル添加量: 10wt%未満、引張強度: 1.5GPa以上、伸び: 20%以上の開発鋼において、汎用鋼(590MPa~980MPa級)と同等の耐食性と水素脆性を目指す		鉄鋼材料は自動車等の主要材料であり、車両軽量化に向けて、薄肉軽量化と衝突エネルギー吸収性の両立を可能にする高強度・高延性化を追求していく必要がある。 近年の高強度・高延性鋼板(中高炭素鋼板)開発の動向では、多量のレアメタル添加による高合金化を図る傾向にあるが、製造プロセスでの有害ヒューム発生などの安全面に係る問題や、近年のレアメタル需要増加と資源国による輸出規制などによる価格高騰の背景から、レアメタル多用の製造方法からの脱却が求められている。
	(2) 中高炭素鋼の解析・評価手法の開発	・鋼中のヘテロ構造と軽元素の空間相関評価技術において、空間分解能: 200nm以下、濃度分解能: 0.1mass%を目指す ・微小電気化学計測技術、局所構造解析技術、マイクロ腐食挙動との対比などによるマイクロおよびナノオーダー( $\mu\text{m}$ 以下)の腐食挙動解析技術の確立 ・薄鋼板の水素脆化挙動に影響を及ぼす応力、ひずみ、水素濃度分布、組織損傷を数百 $\mu\text{m}$ レベルで測定できる技術を確立し、自動車用構造部材としての薄鋼板の水素脆化挙動を適切に評価できる試験方法の確立		



## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

### ◆ 研究開発目標と根拠

研究開発項目	研究開発目標		根拠	
	中間目標(2020年度末)	最終目標(2022年度末)		
熱可塑性CFRPの開発	<p>(2) 熱可塑性CFRPの開発及び構造設計・加工技術の開発</p>	<p>(j) LFT-D高速成形実用化技術の開発 ・革新炭素繊維強化熱可塑性CFRPのLFT-D成形性および力学特性を評価する。 ・LFT-D材の混練CAEシミュレーション技術の研究を行うと共に、成形流動および流動配向異方性を考慮した最適設計CAE解析技術の研究を行い、剛性最適化技術を開発する。 (k) 熱可塑性CFRP高速ハイブリッド成形技術の開発 ・その場合成形補強材とLFT-Dとのハイブリッド成形技術を開発するとともに、新しく考案したフレーク法によるハイブリッド成形の基礎技術を開発する。 (l) 熱可塑性CFRP評価・解析技術の開発 ・熱可塑性CFRPの動的・経時特性を評価するとともに、破壊メカニズム解明の研究を行う。 ・熱可塑性CFRPの材料特性データベースの一部を構築する。 (m) 自動車向リサイクルCF適用化技術の開発 ・リサイクルCF回収技術の研究を行い、LFT-D要件に適合する基本プロセスを開発するとともに、設備の改良開発を行う。 ・リサイクルCFを用いたLFT-D成形プロセスおよびLFT-D廃材の再利用技術、並びに設備システムの研究を行う。</p>	<p>(j) LFT-D高速成形最適化技術の開発 ・革新炭素繊維強化熱可塑性CFRPのLFT-D成形性および力学特性を評価する。 (k) 熱可塑性CFRP高速ハイブリッド成形技術の開発 ・多様な補強材とLFT-Dとのハイブリッド成形技術について構造部材による技術検証を行い、技術を確立する。 (l) 熱可塑性CFRP評価・解析技術の開発 ・熱可塑性CFRPの破壊メカニズムを解明し、材料特性予測技術を確立するとともに、実設計への適用を想定した実用的な材料モデルを開発する。 ・熱可塑性CFRPの材料特性データベースを構築する。 (m) 自動車向回収CF適用化技術の開発 ・リサイクルCF回収技術を確立する。 ・リサイクルCFのLFT-D成形技術、およびLFT-D廃材のリサイクル技術を開発する。</p>	<p>炭素繊維と樹脂の複合材料であるCFRPは、航空機の構造材等に使用され、機体の軽量化によって省エネに貢献している素材であるが、現在、CFRPのマトリックス樹脂に使用されているのは、主に熱硬化性樹脂であり、生産コストも高いため、大量生産型製品への適用は困難な状況である。さらに、将来的に様々な素材を適材適所に使用していくためにはCFRPと金属材料の接合が必要であるが、熱膨張率の差に起因する変形や電食等の課題がある。</p>
革新炭素繊維基盤技術開発	<p>(1) 新規炭素繊維前駆体化合物の開発</p>	<p>・アクリル繊維ポリマーをベースとする完全耐炎ポリマーを得る反応プロセスを確立する。これに伴い炭素繊維紡糸工程では、Large Tow(48K)の紡糸技術を確立すると同時に、炭化プロセスも革新炭素繊維に適合するよう処理条件など検討する。炭素繊維として、フィラメント径7<math>\mu</math>mで、弾性率240GPa、強度4GPaを凌ぐ性能を目指す。</p>	<p>現在の炭素繊維製造方法(進藤方式)は、アクリル繊維を空气中高温で耐炎化(焼成)するもので、製造時における消費エネルギー及びCO2排出量はいずれも鉄の約10倍と高い。また、製造装置の除熱効率の限界から生産性もなかなか高められないのが現実であり、これらは大きな課題となっている。今後の自動車の軽量化に向けた普及拡大を考えると、近い将来見込まれる炭素繊維の大量需要に的確に対応していくことが必要である。</p>	
	<p>(2) 炭化構造形成メカニズムの解明</p>	<p>・マイクロ波炭化のプロセス多段化など設備を改良すると共に処理条件を最適化し、従来の炭化炉方式に優る大規模生産のための製造技術を確立する。</p>		

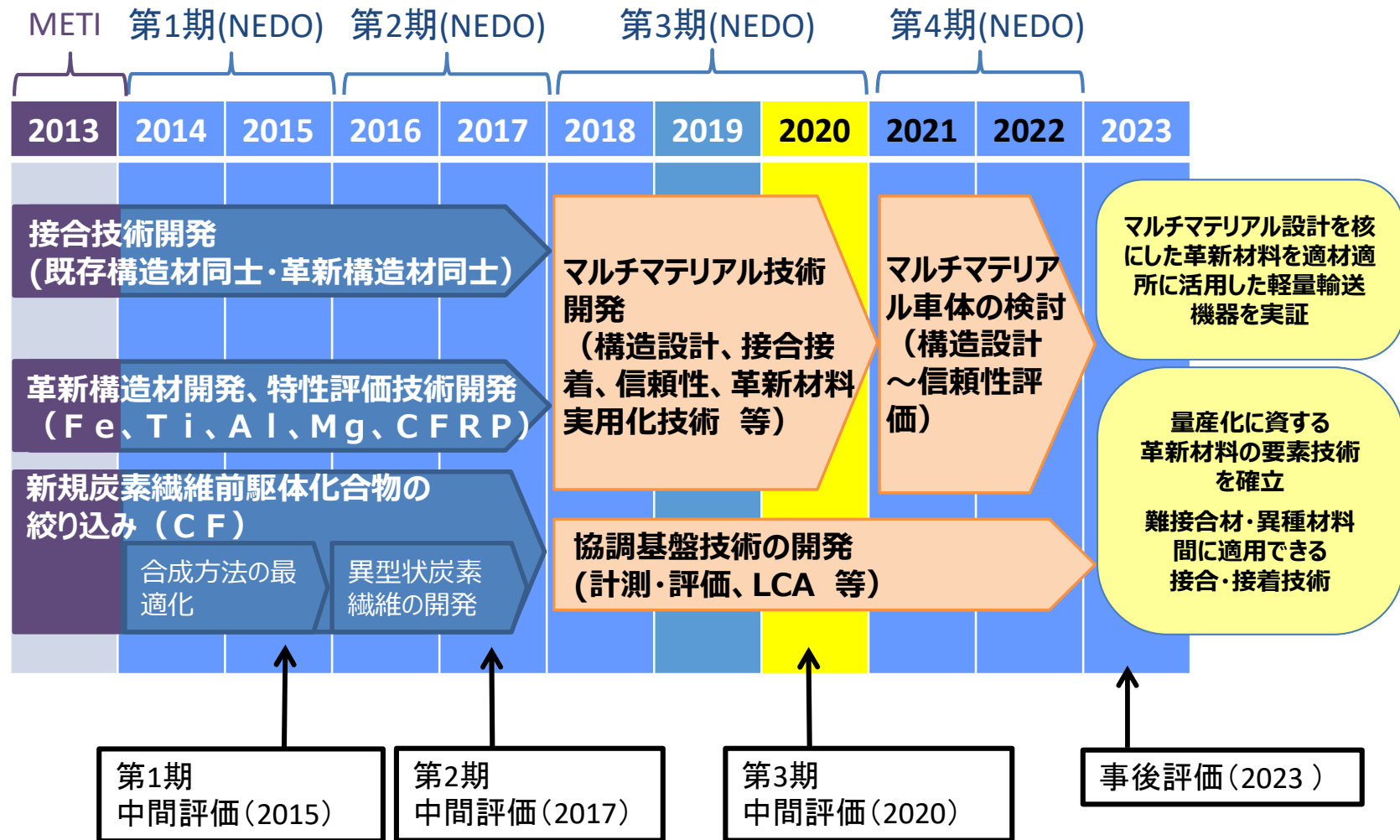
## 2. 研究開発マネジメント (1) 研究開発目標の妥当性

研究開発項目		研究開発目標		根拠
		中間目標(2020年度末)	最終目標(2022年度末)	
戦略・基盤研究	(1) 新構造材料の動向調査・技術・研究戦略	<ul style="list-style-type: none"> <li>・接合技術及び個別材料の技術戦略の策定</li> <li>・新規材料の実用化に向けた技術課題の抽出</li> <li>・マルチマテリアル構造体に係わる共通基盤技術課題の抽出</li> <li>・異種材料接合技術の標準化・規格化の検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新規材料の実用化に向けた技術課題の明確化</li> <li>・マルチマテリアル構造体に係わる共通基盤技術課題の明確化</li> <li>・異種材料接合技術の標準化・規格化取りまとめ</li> <li>・プロジェクト成果の取りまとめ及び検証</li> </ul>	<p>10年にわたる長期間での実施を予定している本研究開発では、その間、また将来的に開発技術を着実に社会へと還元していくために、今後の社会動向に合わせた研究開発のビジョンを明確にする必要がある。具体的には、今後中長期的に自動車や航空機に求められる構造材料等の在り方を展望した上で、上記研究開発の方向性や目標、新たな研究開発分野などを設定していく必要がある。</p>
	(2) 共通基盤技術の調査研究	<ul style="list-style-type: none"> <li>・構造体接合部設計・評価手法の抽出</li> <li>・新材料の材料代替効果定量技術の開発課題の抽出</li> <li>・車体軽量化技術の集約化に関する課題の抽出</li> <li>・異種材料接合における腐食課題の抽出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・構造体接合部設計・評価手法の確立</li> <li>・新材料の材料代替効果定量技術の確立</li> <li>・車体軽量化技術の集約手法・実行体制の確立</li> <li>・異種材料接合における腐食解析手法の確立</li> </ul>	
	(3) 中性子等量子ビームを用いた構造材料等解析技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新規小型中性子装置を建設し、ブラッグエッジイメージング法による測定の分解能と統計精度を明らかにする。</li> <li>・中性子小角散乱とX線小角散乱の比較から、ナノ析出物の化学組成、サイズ分布、体積率、形状因子を同定する技術を開発する。</li> <li>・炭素の濃度分布を同定する技術および析出物と水素局所濃縮の関係を検出する技術を開発する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ブラッグエッジイメージングのデータから、歪や金属組織のイメージング情報に変換する手法を確立し、接合部の2次元マッピングを実現する。</li> <li>・中性子小角散乱とX線小角散乱の比較から、ナノ析出物の化学組成、サイズ分布、体積率、形状因子を同定する技術を確立する。</li> <li>・オーステナイト中の炭素濃度分布を検出する技術を開発する。</li> <li>・鋼中の水素局所的濃縮を検出する技術を開発する。</li> </ul>	
	(4) 低圧・超高速CFRP成形技術の開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>・樹脂供給体における樹脂・基材の基本設計を完了する。</li> <li>・低圧・高速成形の平板形状での成形条件を確立する。</li> <li>・平板での樹脂含浸挙動解析シミュレーション技術を構築する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・樹脂供給体設計技術の確立</li> <li>・低圧・高速成形の部材形状での成形条件を確立する。</li> <li>・部材での樹脂含浸挙動シミュレーション技術を構築する。</li> </ul>	

2. 研究開発マネジメント (2) 研究開発計画の妥当性

◆ 研究開発のスケジュール

2013年度スタートの10年プロジェクト  
(初年度は経済産業省の直執行)



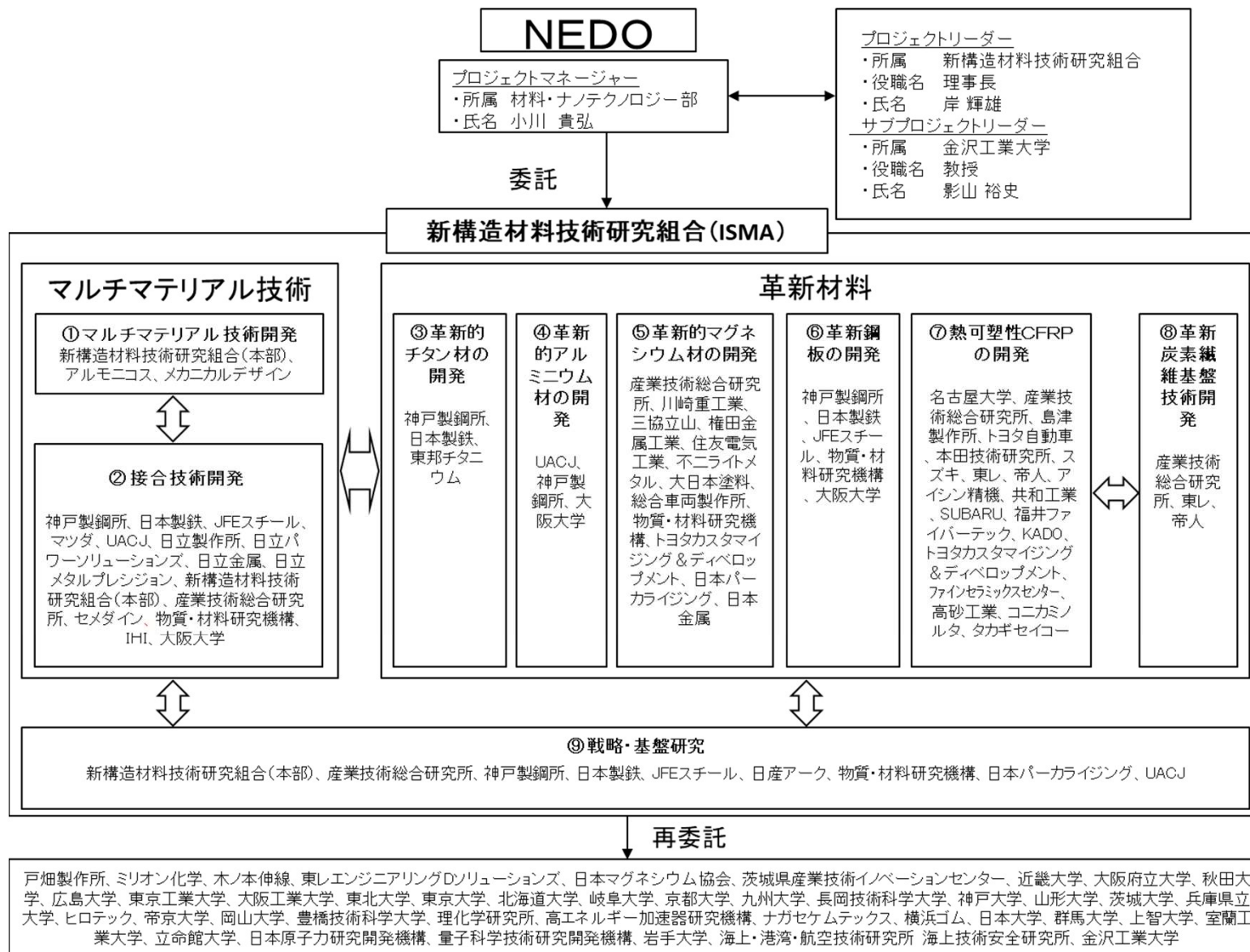
## ◆プロジェクト費用

(単位:百万円)

研究開発項目	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度	合計
新構造材料技術	2,212	3,780	3,496	3,708	3,544	3,512	2,827	2,738	(3,500)	(3,000)	32,317
熱可塑性CFRP	830	-	-	-	-	-	-	-	-	-	830
革新炭素繊維	918	980	804	-	-	-	-	-	-	-	2,702
合計	3,960	4,760	4,300	3,708	3,544	3,512	2,827	2,738	(3,500)	(3,000)	35,849
加速			1,570		185			412			2,167

## 2. 研究開発マネジメント (3) 研究開発の実施体制の妥当性

### ◆ 研究開発の実施体制



## 2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

## ◆ 研究開発の進捗管理

PMによる進捗管理

PMは、PLや研究開発実施者と密接に連携し、研究開発の進捗状況を把握した。  
 また、毎月、従事日誌および適宜ヒヤリング等により実施状況を確認し、目標達成の見通しを常に把握することに努めた。  
 年1回、外部有識者による技術推進委員会を開催し各テーマ毎の進捗状況について議論を行った。

進捗等確認	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
技術推進委員会 ステージゲート(1回/年)								◎				
実施者ヒヤリング				◎	◎	◎			○			

PLによる進捗管理

各分野別の研究開発の進捗管理を下記の会議にて実施し問題をチェックした。

- ・全テーマリーダー会議(1回/年)
- ・PL+各テーマリーダー懇談会(随時)
- ・テーマ間融合委員会(3回/年)

進捗等確認	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
全テーマリーダー会議(1回/年)						◎						
PL+テーマリーダー 懇談会(随時)	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
テーマ間融合委員会(3回/年)	◎					◎					◎	

## ◆ 動向・情勢の把握と対応

### ★ 動向・情勢の把握

2017年にNEDOの独自調査事業として「近未来の移動体及びそれに貢献する車体軽量化に用いる構造材料の課題と開発指針の調査」を実施した。

本調査では、革新的新構造材料等研究開発プロジェクトで実施している研究開発に関して、近未来の自動車の進化より仮説に基づく具体的なシナリオの構築を行い、そのシナリオからバックキャストにより開発課題の調査を行った。実施にあたり、有識者へのヒアリング、海外も含めた研究・開発動向調査も加味し、事業化につなげるための課題の洗い出し、戦略的に強化が必要な課題を明確にした。

### ★ 対応

欧米の自動車のCO<sub>2</sub>排出規制値(2030年まで)を想定し、自動車車両の軽量化目標を調査事業で明確化し、軽量化に必要な技術、実用化のための課題等について、その目標レベルを明確にした。その際、材料特性、異材組み合わせ等の技術視点に加え、事業化を想定した際に要求される調達面、プロセス面、品質面、物流面、リサイクル性、コスト等の項目について、例えば、現在主流の鋼材と対比しながら明らかにした。また第二期まで研究開発を行った革新材料を用いたマルチマテリアル化による軽量化について、2018年度に公募を行い新規テーマの立ち上げ及びFS研究を行った。

- ・マルチマテリアル車体軽量化に関わる革新的設計技術の開発
- ・マルチマテリアル接合技術の基盤研究(FS研究)
- ・マルチマテリアル信頼性設計技術に関する調査研究(FS研究)

## 2. 研究開発マネジメント (4) 研究開発の進捗管理の妥当性

## ◆ 中間評価結果への対応

## 2017年度中間評価での指摘事項と対応状況

カテゴリー	指摘事項	対応状況
事業の位置付け・必要性	なし。	—
研究開発マネジメント	<p>①世界的な開発動向を調査し、目標値を見直すこと。</p> <p>②企業間でシナジー効果が生まれるよう、連携強化すること。</p>	<p>①毎年各研究分野の世界技術レベルの定点調査を実施している。</p> <p>②革新チタン材料で、スポンジチタン開発と薄板プロセス開発を統合し、垂直連携テーマとした。 革新鋼板分野で、素材の腐食、水素脆性等の協調テーマを開始した。 中高炭素鋼の接合技術分野は、大阪大学接合研を中心とした体制に統合した。</p>
研究開発成果	<p>③目標の早期達成が見込めるテーマは、計画変更を考慮すること。</p> <p>④今後、国際標準化・規格化等の検討が望まれる。</p>	<p>③革新鋼板分野は成果が顕著であり、最終目標を5年前倒しの2017年度末に再設定した。</p> <p>④素材研究開発分野毎、推進している。</p>
成果の実用化・事業化	<p>⑤早期にユーザー側企業と連携し、開発対象の目標レベルや必要時期、コストなどを具体化すること。</p>	<p>⑤革新鋼板分野は実用化を早々に進めるためプロジェクトからの卒業を促す。 プロジェクト内にユーザー企業を取り込むとともに、外部専門家を招へいし目標レベルを見直している。</p>



## ◆ 開発促進財源投入実績

件名	年度	金額 (百万円)	目的	成果
熱可塑性CFRP の開発及び構造 設計・加工基盤 技術の開発 他8テーマ	2015年度	1,570	本技術により、補強材を高速でプレス機にチャージする新たなマテハンシステムが実現し、LFT-D車体構造の低コストと強度剛性を確保できるとともに、ロボットハンドへの成形品取出し機能の具備により、LFT-Dの一貫自動成形システムが完成し、実用化に繋がる成果が期待できる。	LFT-D高速成形設備システムを完成。1分サイクルプロセスの基本条件を把握することができた。
小型中性子散乱 評価装置強化	2017年度	185	小型中性子散乱評価装置の能力を強化し、材料評価を効率良く行う事で鋼板開発を加速する。	中性子ビーム強度の向上により、測定時間を1/3程度に短縮し測定できる試料数を大幅に増やす(3倍)ことができた。これにより革新鋼板の開発スピードを上げ、短時間で成果を挙げる事が出来た。
線形摩擦攪拌 (LFW)装置 他5テーマ	2020年度	412	接合する異材の材料性能に合わせて圧力を制御し、テーラードブラック材への応用を見据えて基盤技術を確立する。	厚さ2mmの強度1.5GPa級中高炭素鋼で、母材強度の80%以上を得る手法を確立。(2022年度末)

## ◆ 知的財産権等に関する戦略

### 本プロジェクトの知財の基本方針

- 参加者間のシナジー効果発揮等によるPJの目的(研究開発の成功と成果の事業化による国益の実現)達成を確かにするための知的財産についての適切な管理を行う。
- プロジェクトで発生する知的財産が、原則として参加者に帰属することを前提とする

(これは経産省未来開拓型プロジェクトの基本方針である)

本事業は、NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針に沿って、委託先からなる「知財委員会」を整備し、知財の取り扱いや方針等を決定するとともに、委託先間の知財の取り扱いに関する合意事項が含まれる文書を作成している。これにより、事業実施後の実用化に向けた出口戦略を構築・実現するにあたり、戦略的な取り組みを関係者の合意の下で進めている。

## 2. 研究開発マネジメント (5) 知的財産権等に関する戦略の妥当性

### ◆ 知的財産管理

#### ➤ 知的財産権取扱規程の制定

◇ 経済産業省が策定した**成果管理方針**に基づき「知的財産権取扱規程」を制定

- ・ 知的財産権の帰属
- ・ 知的財産権の組合員間での実施許諾
- ・ 成果の秘匿及び届出
- ・ 知財委員会の役割 等について規定

#### ➤ 知財委員会の運用

◇ メンバーは研究統括を委員長として、案件毎に技術企画部長（又は知財・戦略室長）、各テーマの業務管理者、外部委嘱者から委員長が2名以上を指定する

◇ 特許出願等の権利化、論文等による**成果公表の是非**等について判断し決定する

◇ **権利化に関する審議**は委員会を開催（現在のところ**1回／月**で開催している）

◇ 成果の公表については書面による審議とする

# 「革新的新構造材料等研究開発」 (中間評価)

(2014年度～2022年度 9年間)

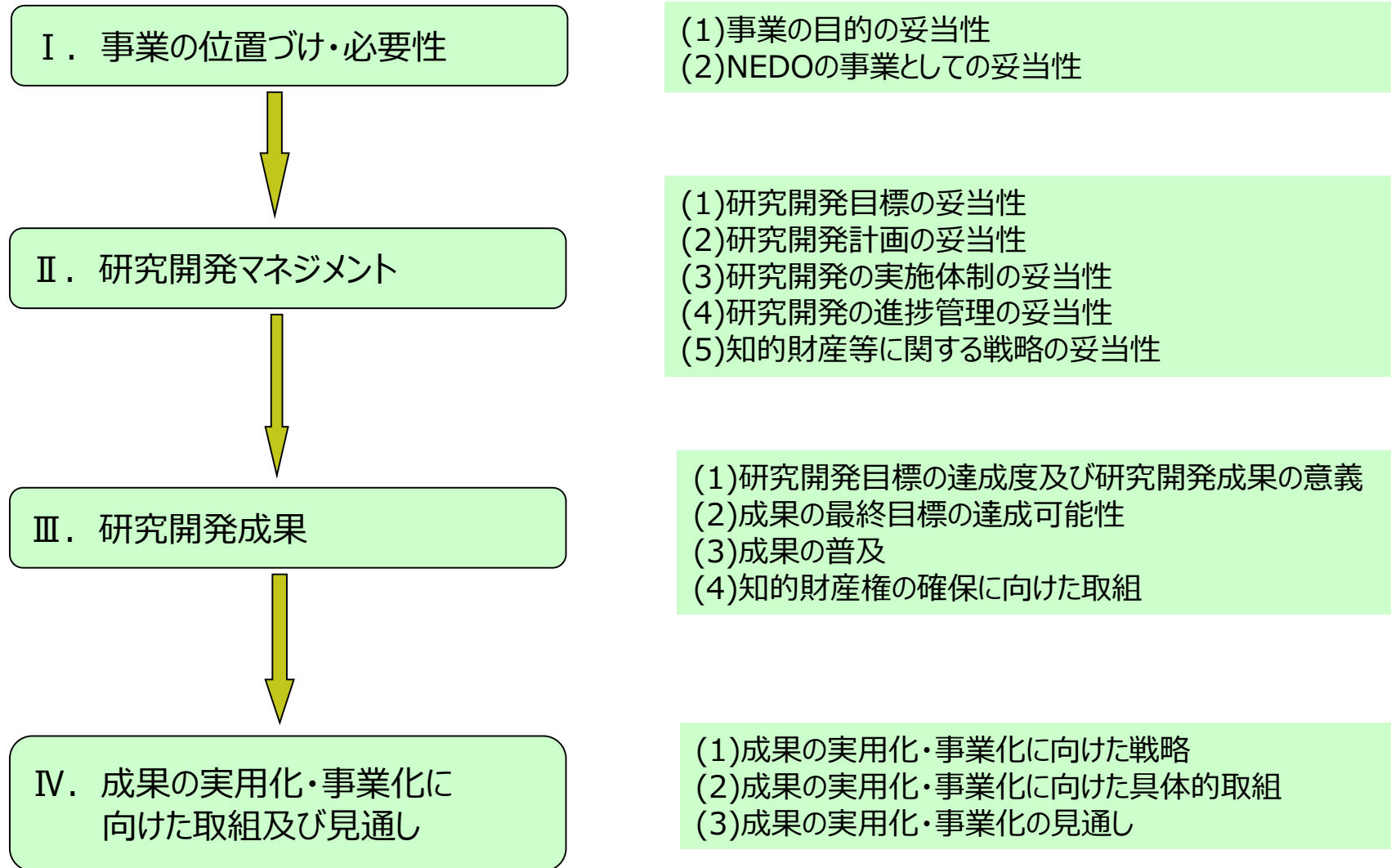
## 5. プロジェクトの概要説明 (公開)

5.2「研究開発成果」「成果の実用化・事業化に向けた取組及び見通し」

NEDO

材料・ナノテクノロジー部

2020年8月28日



## 新構造材料技術研究組合 (2013年10月設立)

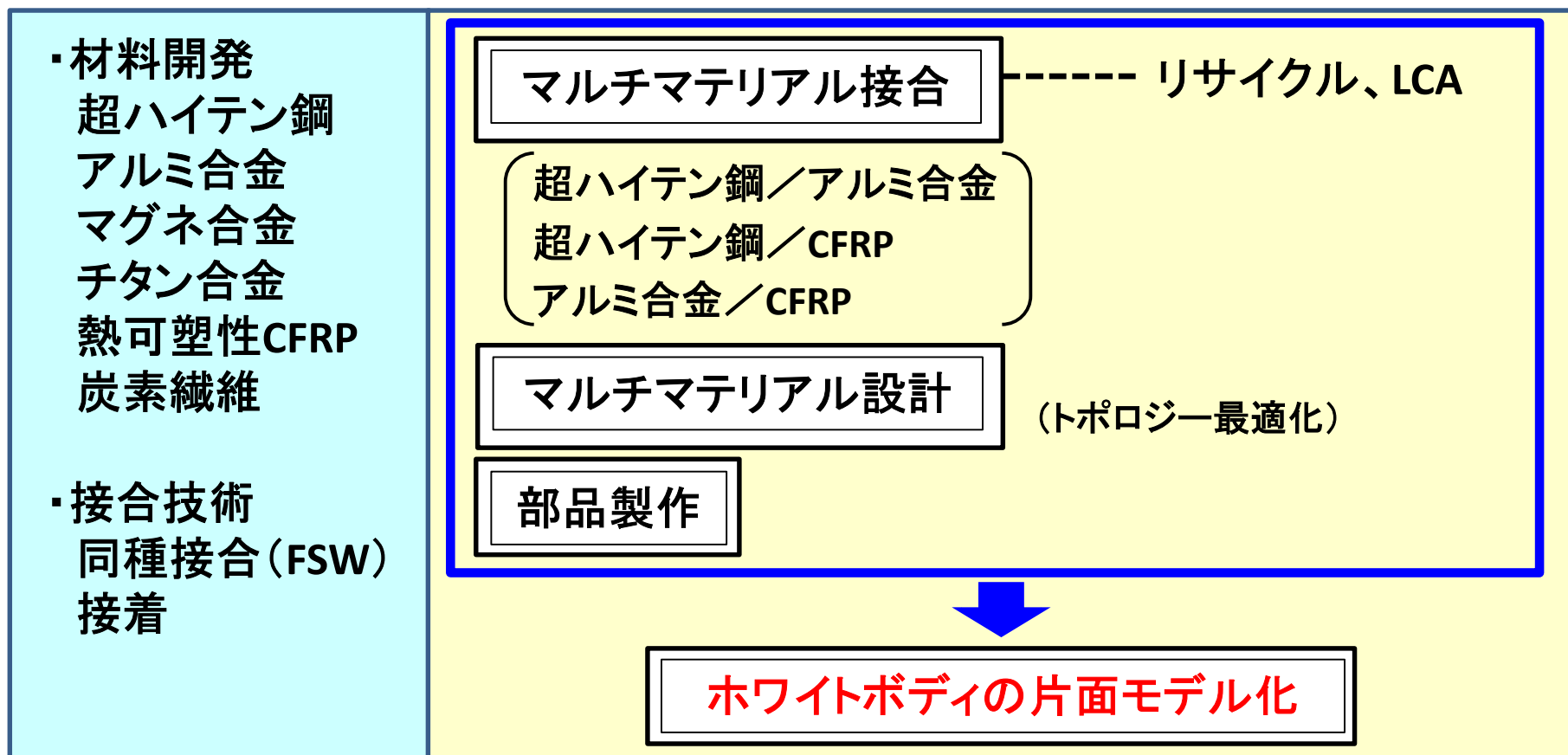
- ・組合員: 42企業、2国立研究開発法人、1財団法人、2大学
- ・再委託先: 65機関(主に大学と研究法人)
- ・年間30~40億円×10年

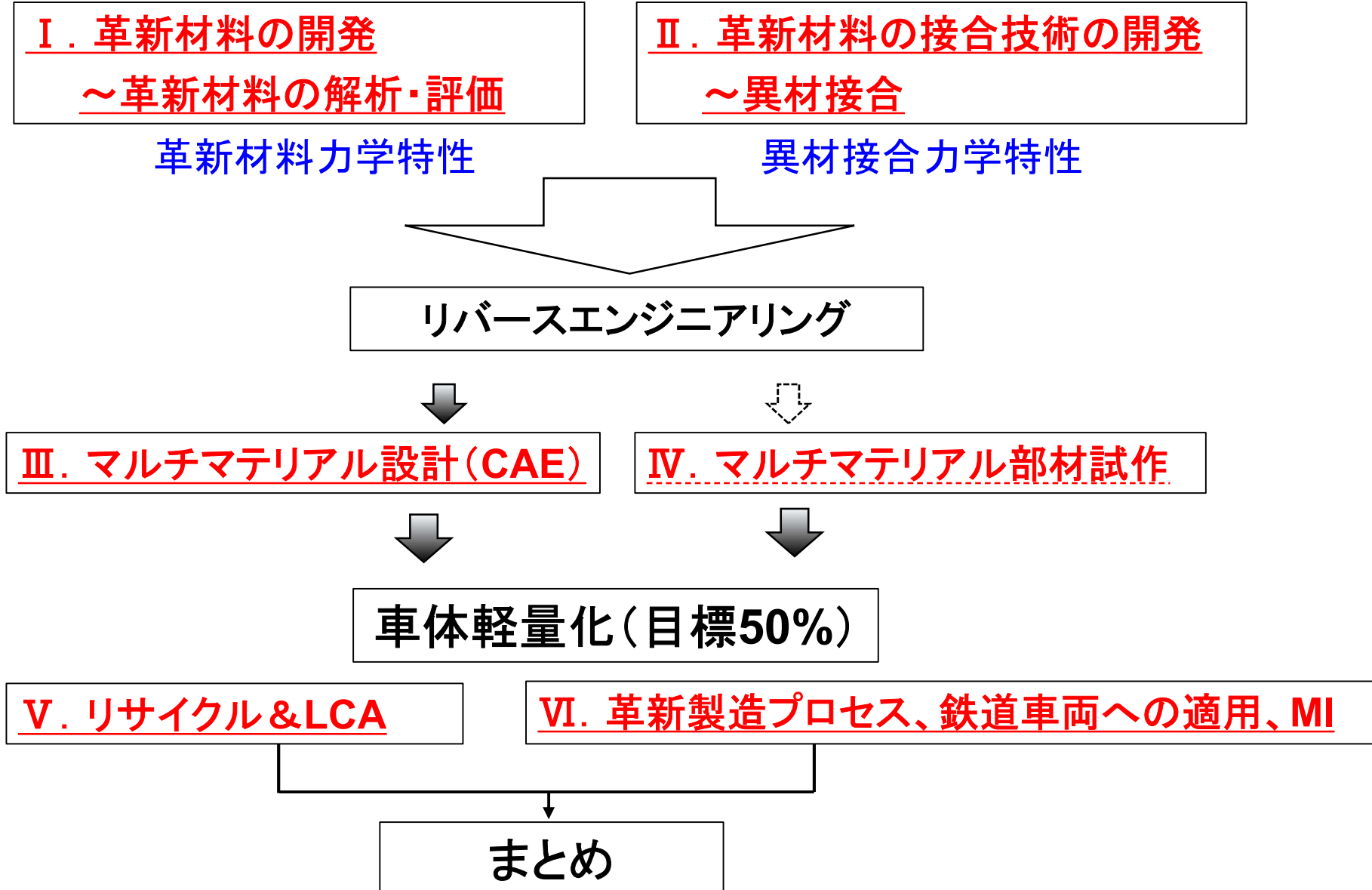
前半5年間

革新的な材料開発・接合技術

後半5年間

マルチマテリアル技術開発

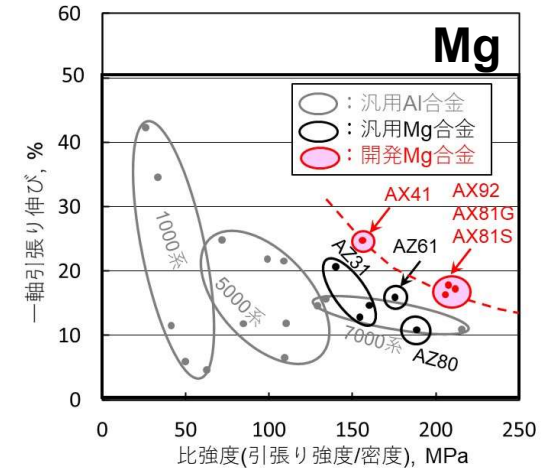
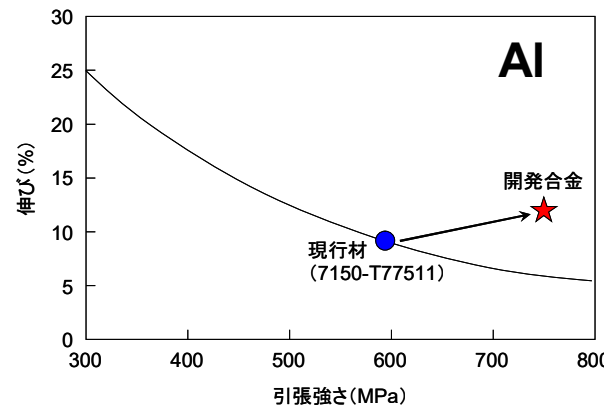
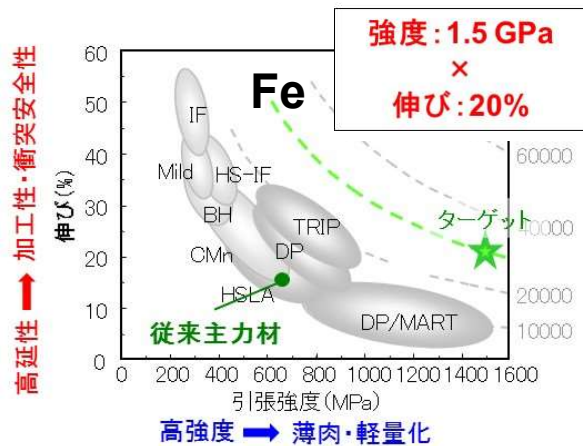
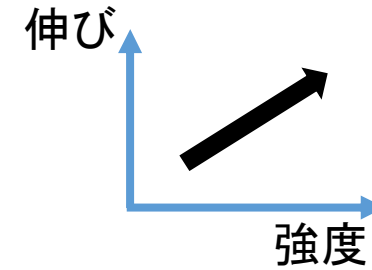




# ◆各革新材料の達成状況と成果の意義

## ・金属材料:

バナナカーブ上で高強度かつ高延性を目指す  
 → 二律背反する両方の特性を同時に向上



## ・複合材料: 車体/構造用部品への対応性を見極め

CFRTP: 短繊維強化材料による大型部品の試作技術開発



**LFT-D (Long Fiber Thermoplastic-Direct)**  
 熱可塑性樹脂と炭素繊維を混練





・革新鋼板テーマの達成状況と成果の意義

テーマA

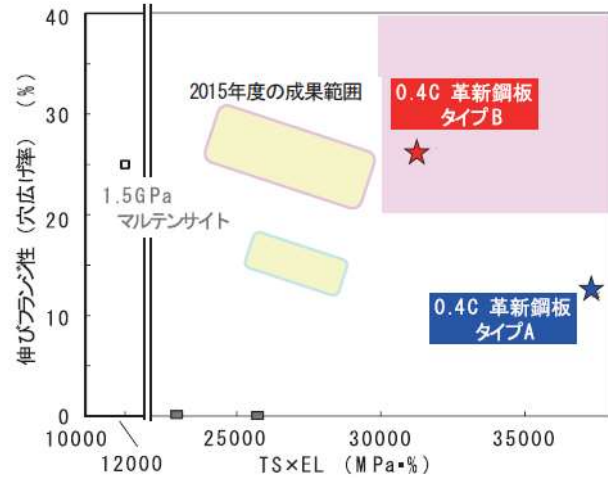


図1 残留オーステナイトの高度制御による強度、伸び、伸びフレンジ性のバランス向上

テーマB

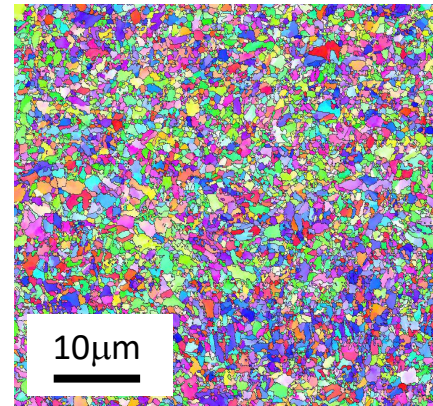


図2 軽元素の有効活用によるマルテンサイト組織の微細化

テーマC

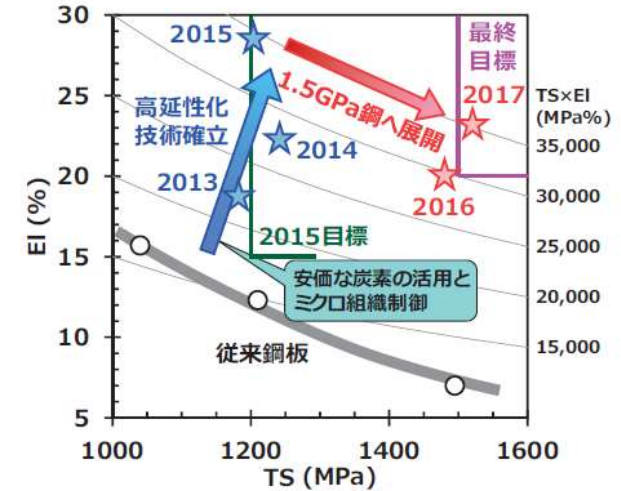


図3 炭素活用とマイクロ組織制御による強度と延性の両立 (2017年度完了)

2022年度末最終目標(引張強度:1.5 GPa, 伸び:20%)は  
ラボ材レベルで達成(5年前倒し)

### 超高強度鋼板の腐食挙動解析技術の開発

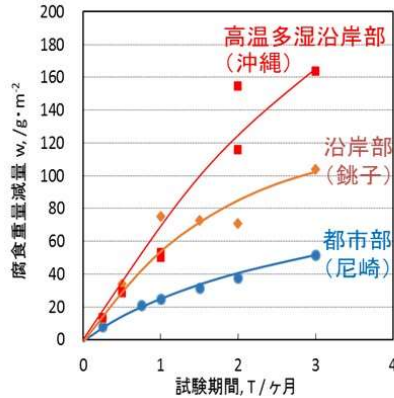


図1 各種腐食環境下での腐食量推移

S45C (炭素量0.45%) を共通試験片に用い、暴露試験、加速腐食試験、電気化学測定を実施。

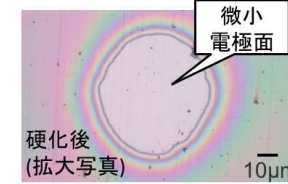


図2 マイクロ電気化学システムと微小電極作製技術の開発

紫外線硬化樹脂と静電噴出法の組み合わせにより、微小な電極面を作製できる技術を開発。

### 超高強度薄鋼板の水素脆化挙動評価技術の開発

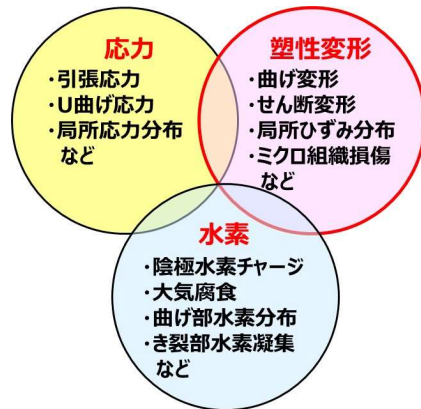


図3 水素脆化(遅れ破壊)の影響因子

U曲げ加工部表面の塑性ひずみ・応力分布を直接計測。塑性ひずみは不均一に分布しており、旧オーステナイト粒界近傍に塑性ひずみが集中している領域も存在している。

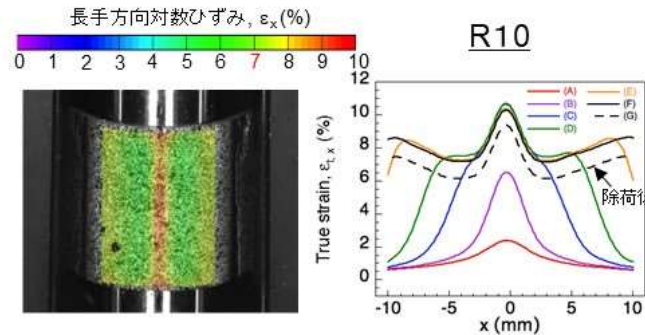


図4 3次元画像相関解析法(DIC)法により計測・計算した曲げ加工時のひずみ

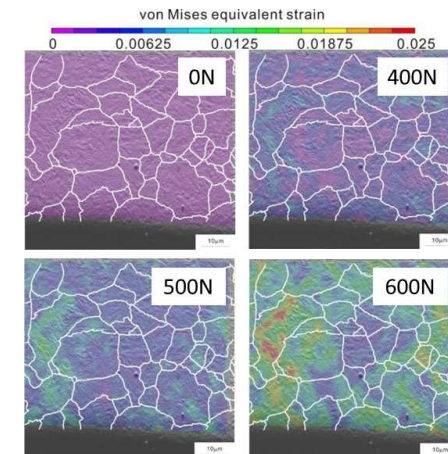
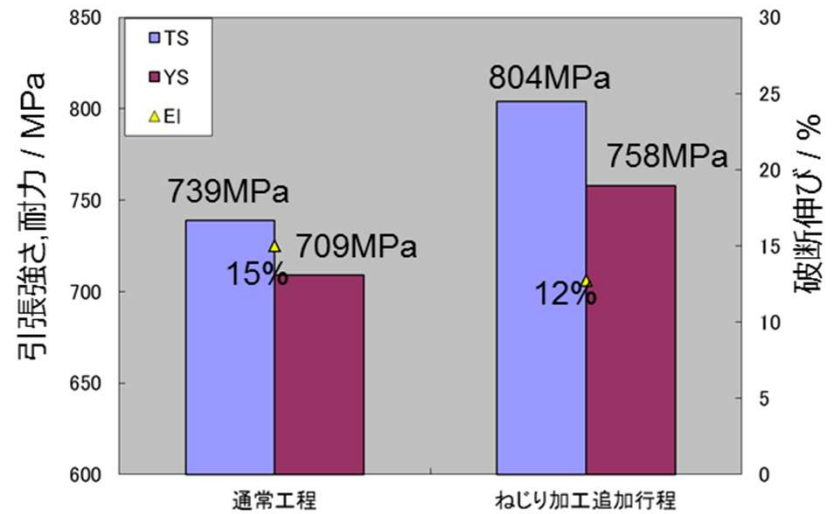
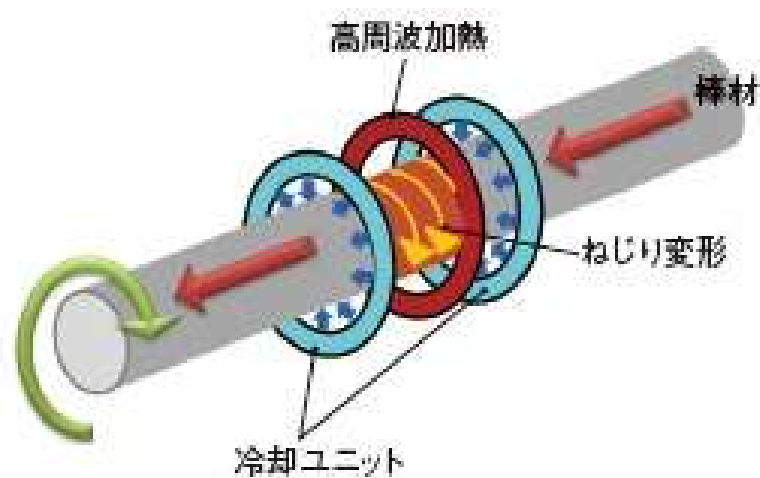
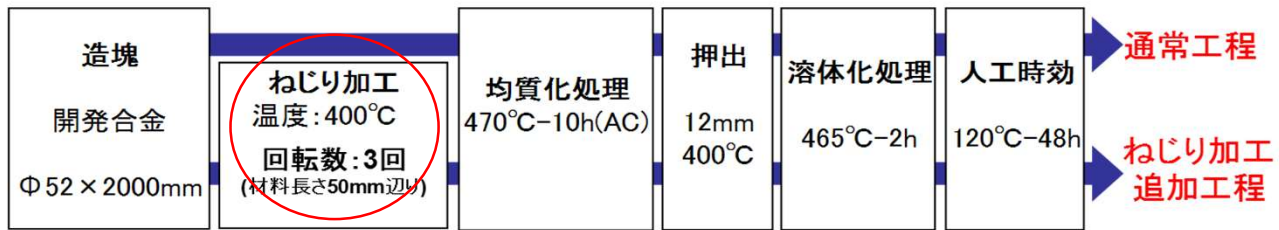


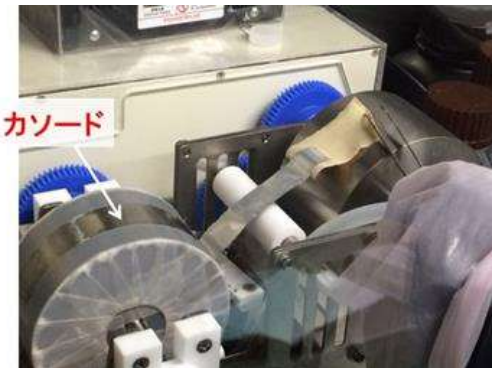
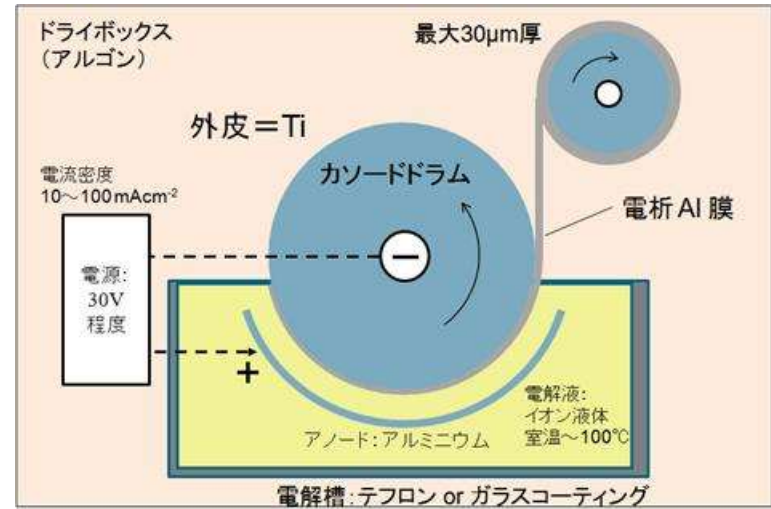
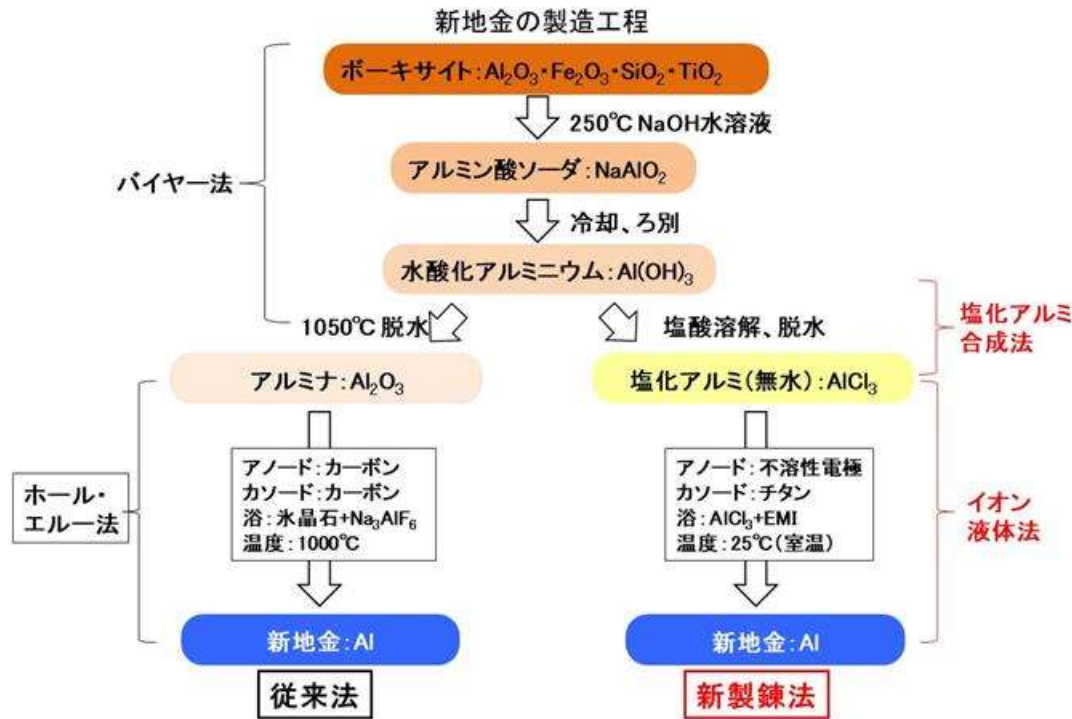
図5 SEM画像相関解析によるマルテンサイト鋼 (TS 1.5GPa級) における引張変形中の局所応力・ひずみ分布

・革新的アルミニウム材テーマの達成状況と成果の意義

ねじり加工による特性改善技術開発(大型化技術)



# アルミニウム合金新製造プロセス技術開発



【アノード反応】



【カソード反応】



イオン液体法によるアルミニウム一貫製錬の化学反応プロセスを開発

# 自動車部材用 革新アルミニウム合金 (Al-Sc合金)

<目標>

- ・高い溶接継手効率 (≒100%)
- ・ポートホール押出による中空部材の製造

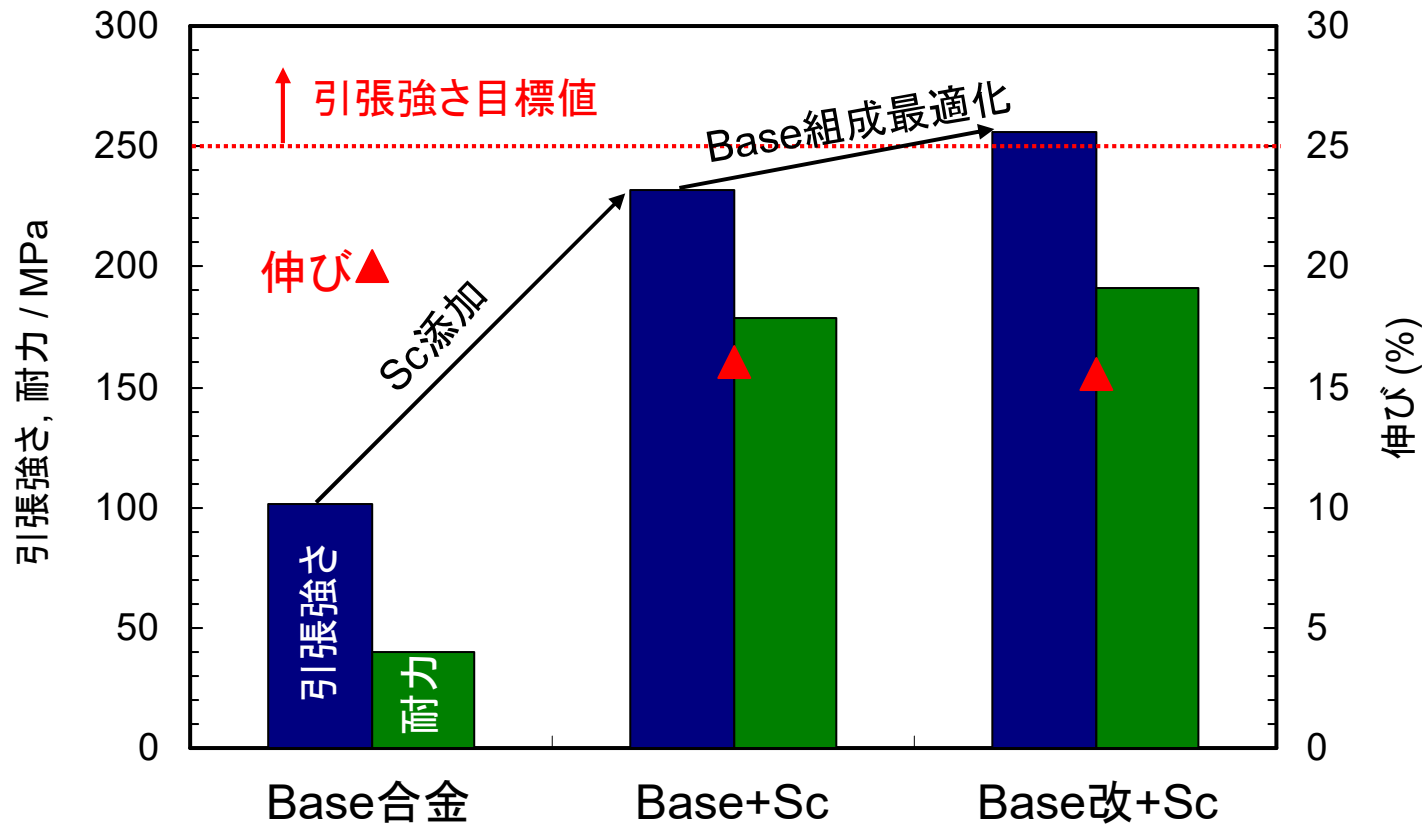


図 開発合金の引張性質

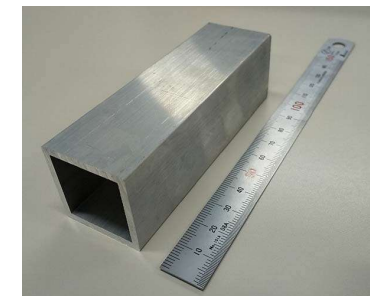


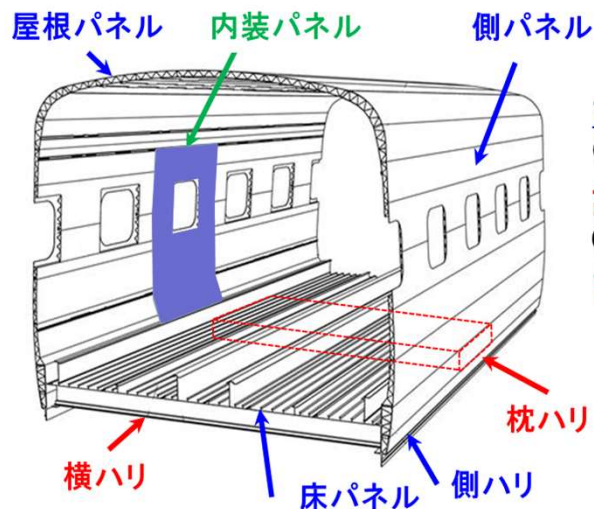
図 開発合金の中空押出例

革新的マグネシウム材テーマの達成状況と成果の意義

鉄道車両構体開発

2016年度までに現行A6N01合金、A7N01合金、5000系合金に匹敵する機械的特性を有する難燃性Mg合金押出材および圧延材の開発に成功

現行新幹線の構体構成

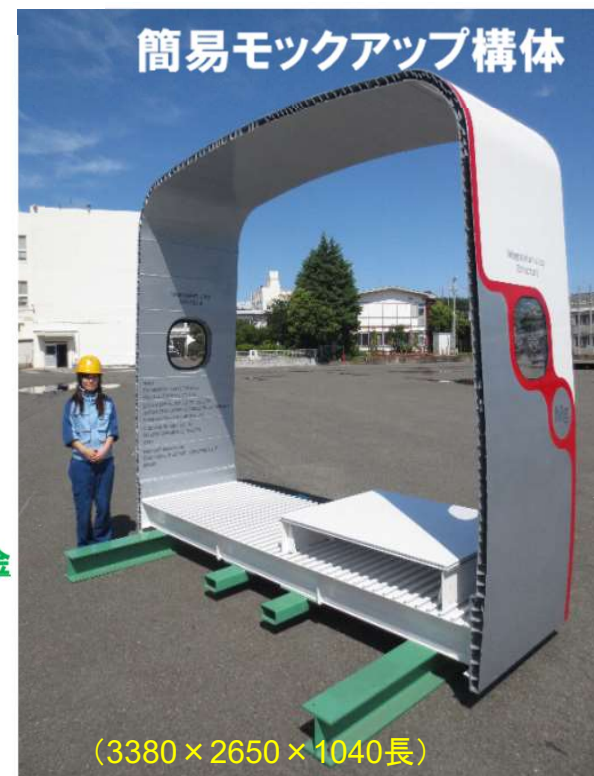


高速押出型Mg合金 (AX41合金) ← A6N01合金  
(ダブルスキン材: 側パネル、屋根パネル等)

高強度Mg合金型材 (AX92合金) ← A7N01合金  
(シングルスキン型材: 枕梁、横梁等)

高強度Mg合金薄板材 (AX81S合金) ← 5000系合金  
(内装パネル、その他内装材)

対象合金: Mg-Al-Ca系合金ベース



・革新的チタン材テーマの達成状況と成果の意義

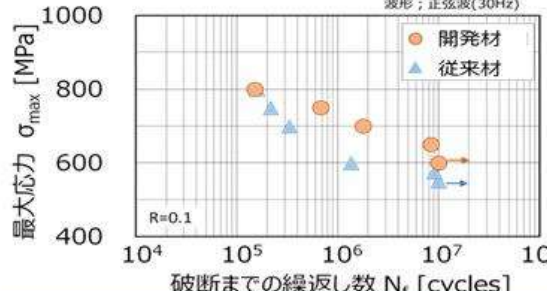
チタン材一貫製造プロセス技術開発

1トン鑄塊による試作板材の特性評価結果

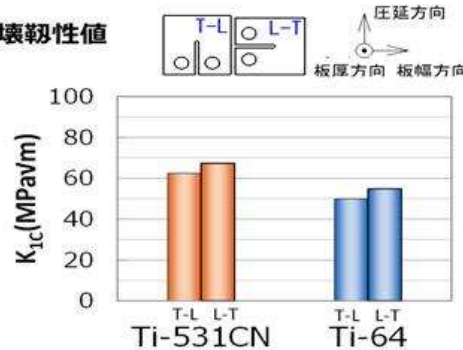
試作した厚板の外観  
 ・サイズ：幅155mm、厚み55mm  
 ・MIL焼鈍材



疲労特性



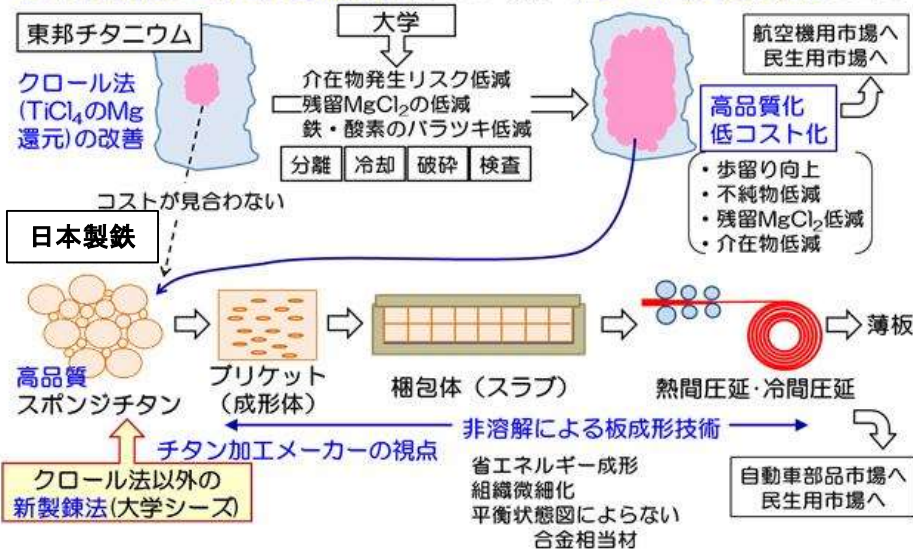
破壊靱性値



1トン鑄塊の試作板材の評価から、開発材は従来材よりも優れた疲労特性と破壊靱性値を有する。

チタン薄板の革新的低コスト化技術開発

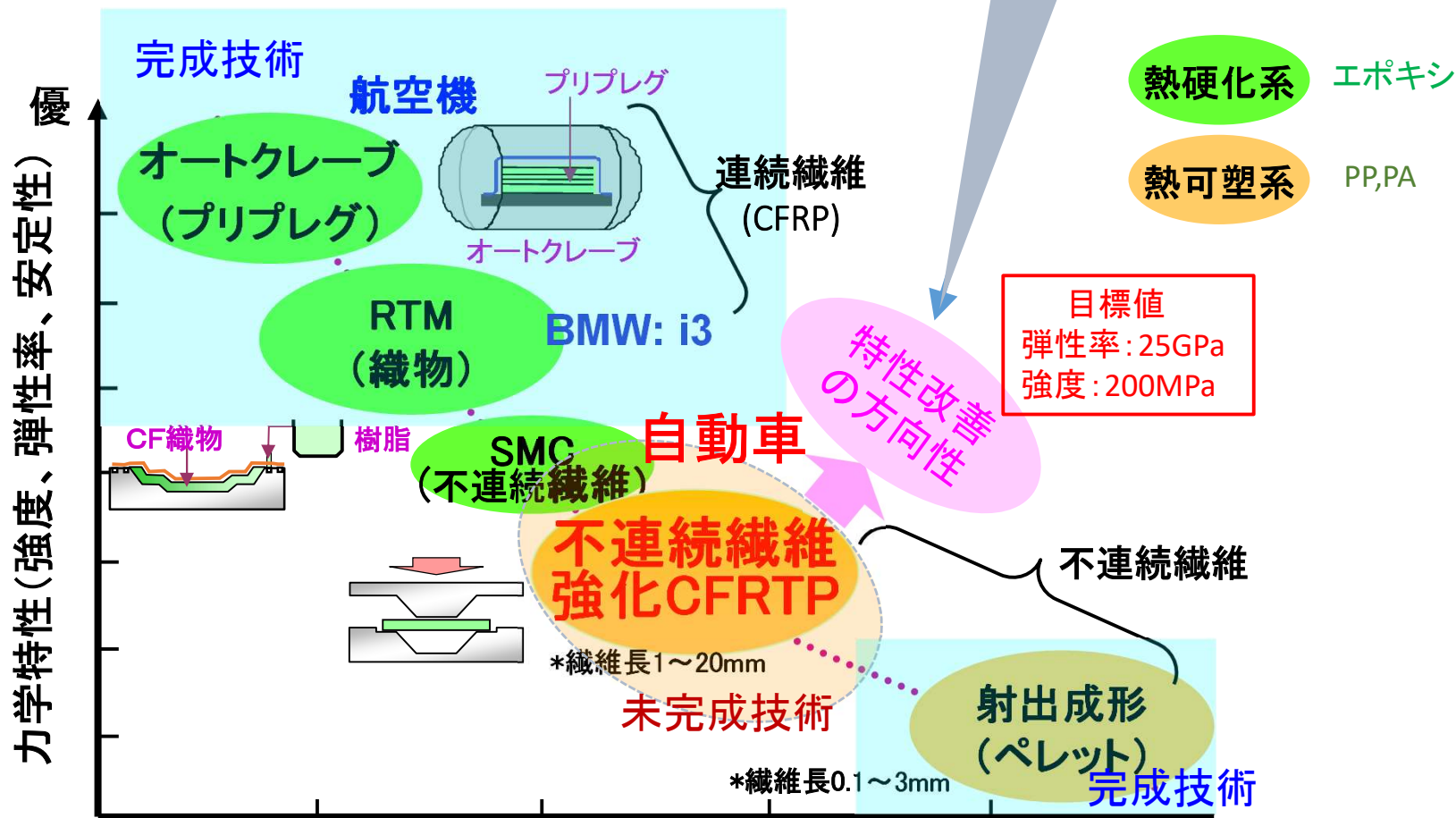
“高度製錬技術+非溶解展伸技術で、チタン板材の低コスト化・高機能化を図る”



高度精錬技術および非溶解展伸技術で、チタン板材の低コスト化・高機能化を図る。

・熱可塑性CFRP(CFRTP)の開発テーマの達成状況と成果の意義

～量産車構造に必要な力学特性とコストの両立



成形性(サイクルタイム、複雑形状、コスト) → 優(短時間)

※ RTM: Resin Transfer Molding, SMC: Sheet Molding Compound



# 熱可塑性CFRP(CFRTP)の開発テーマの達成状況と成果の意義

## 名古屋大学NCCプロセス

熱可塑性樹脂原料ペレット



炭素繊維ロービング



混練・押出  
(二軸スクルー型)

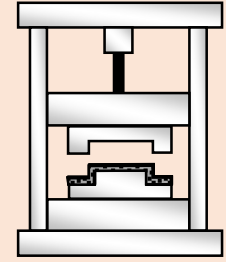


LFT-D \* 押出素材  
(フトン)

炭素繊維/ポリアミド樹脂



マテリアルハンドリング  
ロボット



高速プレス成形  
(3500t)

CFRTP  
プリフォーム作製



プリフォーム  
予備加熱



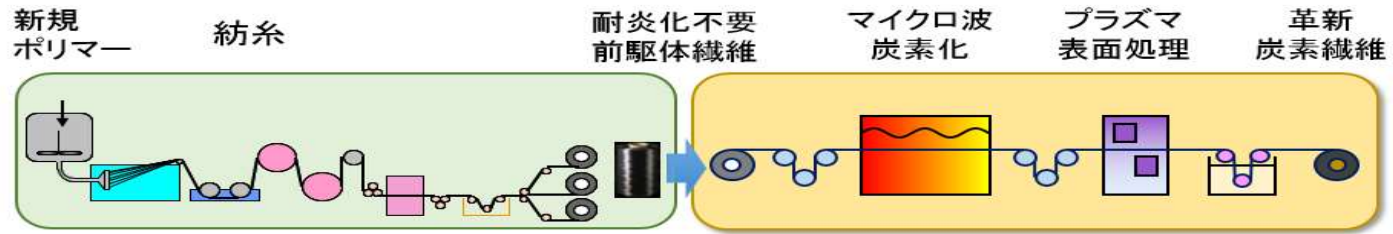
プリフォーム  
搬送



成形



革新炭素繊維基盤技術開発テーマの達成状況と成果の意義



革新炭素繊維製造プロセス

完全耐炎化ポリマー紡糸プロセス

項目	2020. 3 末時点 細繊維度 (3K)	2020. 3 末時点 太繊維度 (3K)	最終目標
完全耐炎化	達成	達成	達成
CF直径 (μm)	5.5	6.3	7
CF物性 (GPa)	3.7 210 (単糸評価)	2.8 153 (ストランド評価)	強度 4.0 弾性率 240
ラージトウ (48K) の紡糸技術確立	48K凝固確認	—	特定速度以上で安定紡糸

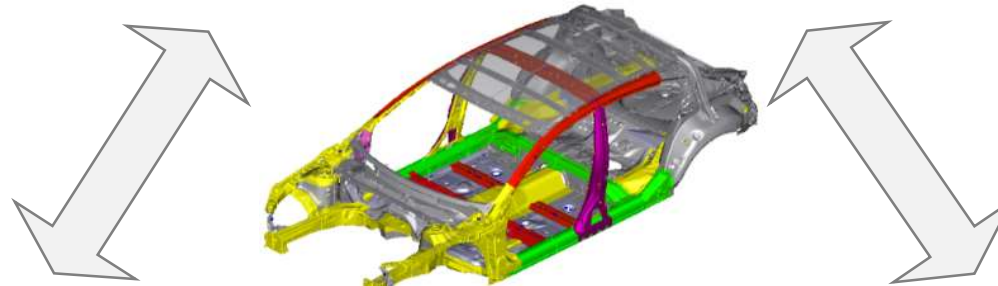
マイクロ波炭化プロセス

項目	2020. 3 末時点	2020. 3 末時点	最終目標
フィラメント数/トウ	24K	48K	48K
強度 (GPa)	3.4	2.0	4.0
弾性率 (GPa)	230	240	240

・接合技術の達成状況と成果の意義

マルチマテリアル構造に対応した接合技術の開発

マルチマテリアル構造設計



超ハイテン鋼の接合技術

異材接合技術

熔融接合

抵抗スポット溶接  
アーク溶接  
レーザ溶接  
ハイブリッド溶接

ろう接

ミグブレージング  
レーザブレージング

固相接合/溶着

摩擦接合  
(FSW, FSSW, LFW)  
摩擦重ね接合  
(FLJ)  
レーザ溶着  
超音波接合  
電磁圧接

接着接合

機械的締結

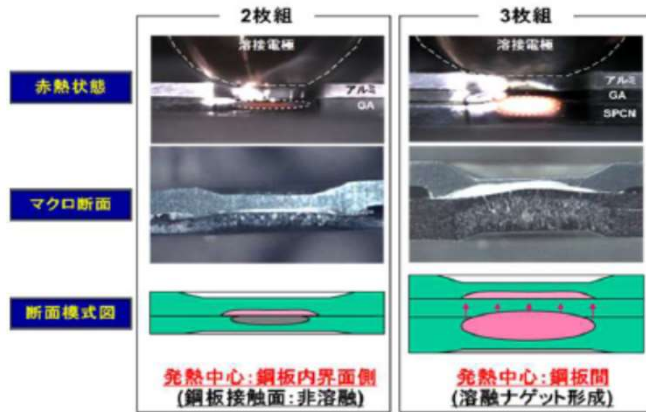
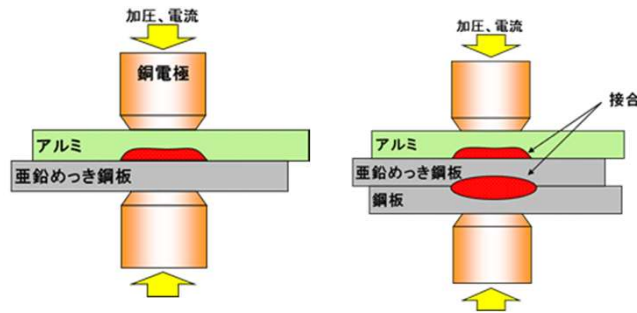
リベット(SPR, BR)  
クリンチング(CJ)  
ヘミング(H)  
ボルト, ネジ(FDS)

・接合技術の達成状況と成果の意義

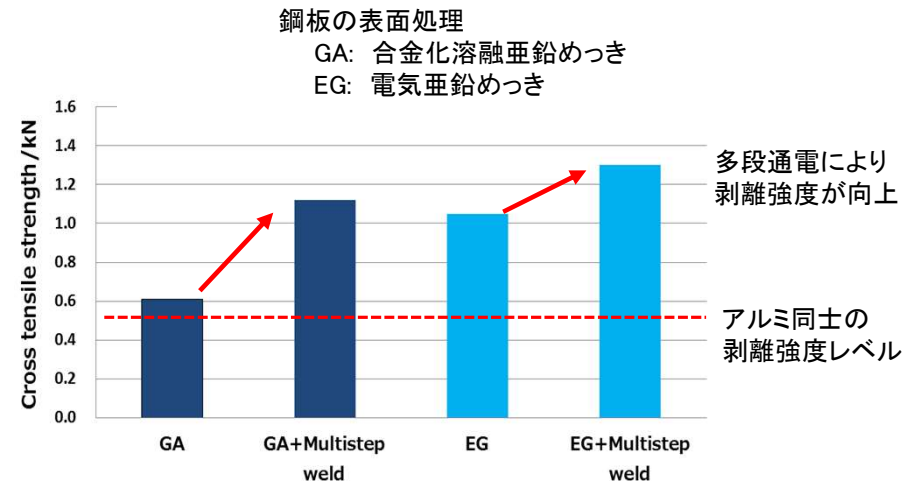
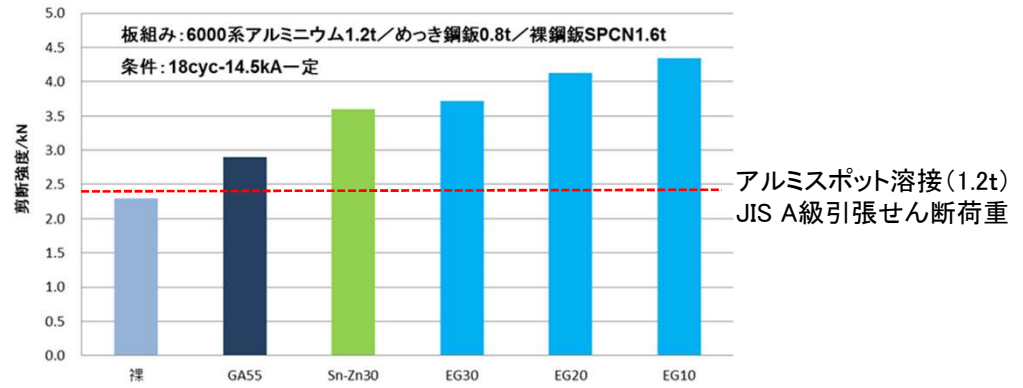
【アルミ/鋼板の抵抗スポット溶接】

通電条件を制御することで電気抵抗の大きい鋼板側が優先的に発熱し、その熱でアルミのみが溶融するため、脆いFe-Al金属間化合物の生成が抑制できる。

＜接合過程＞



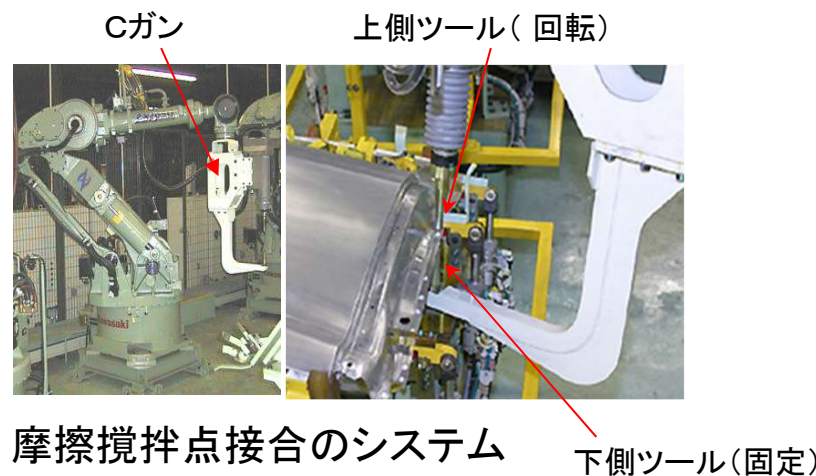
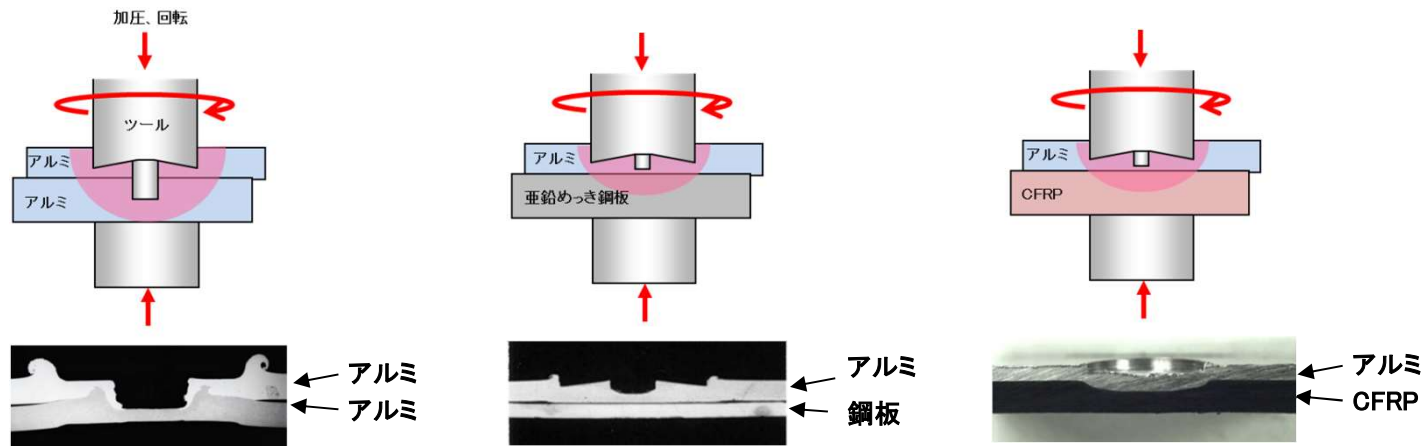
＜接合強度＞



・接合技術の達成状況と成果の意義

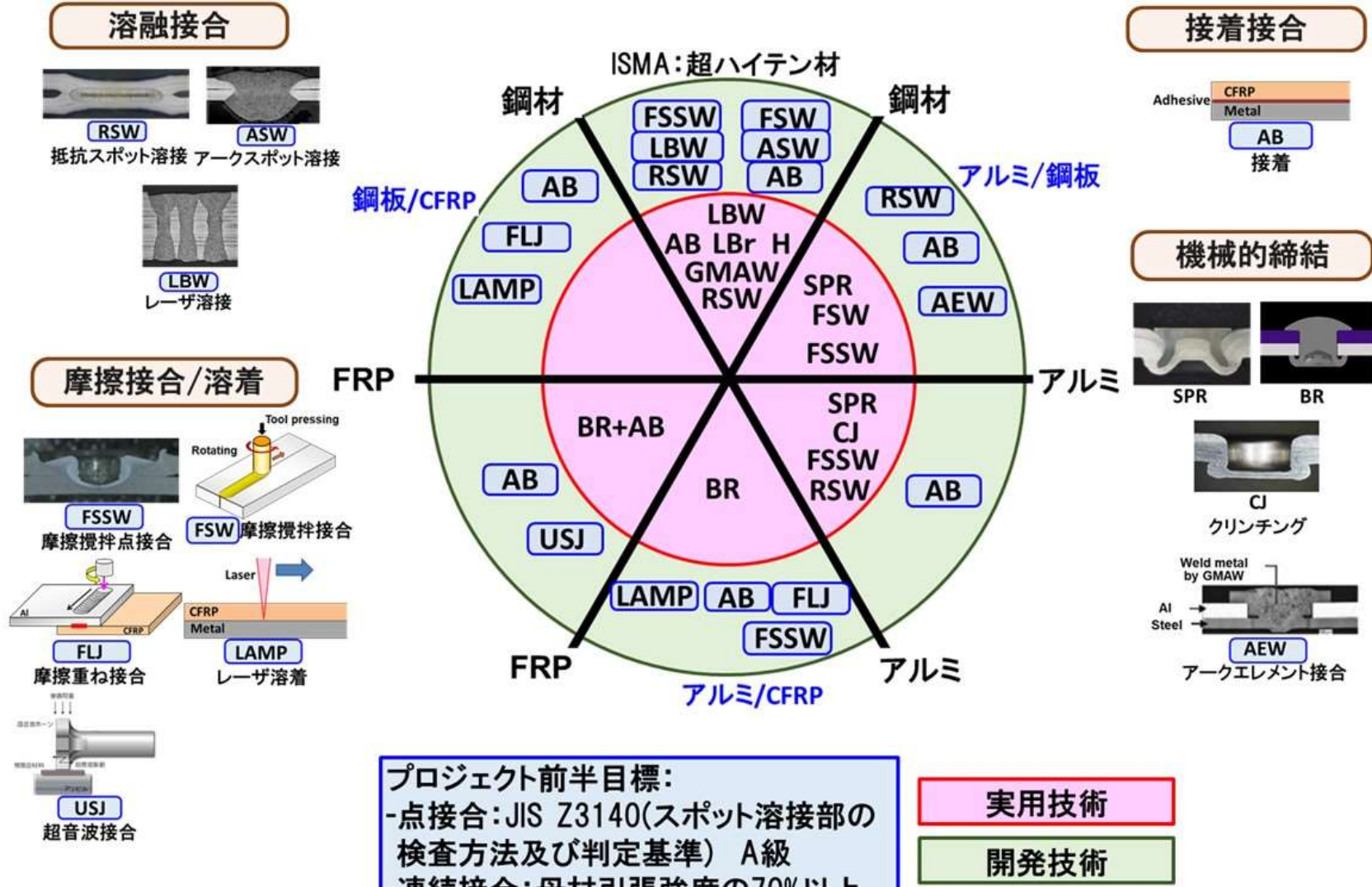
【アルミ/CFRTPの摩擦攪拌点接合】

アルミ同士の接合やアルミ/鋼板の異材接合法として実用化された摩擦攪拌点接合をアルミ/CFRTPの異材接合に応用。



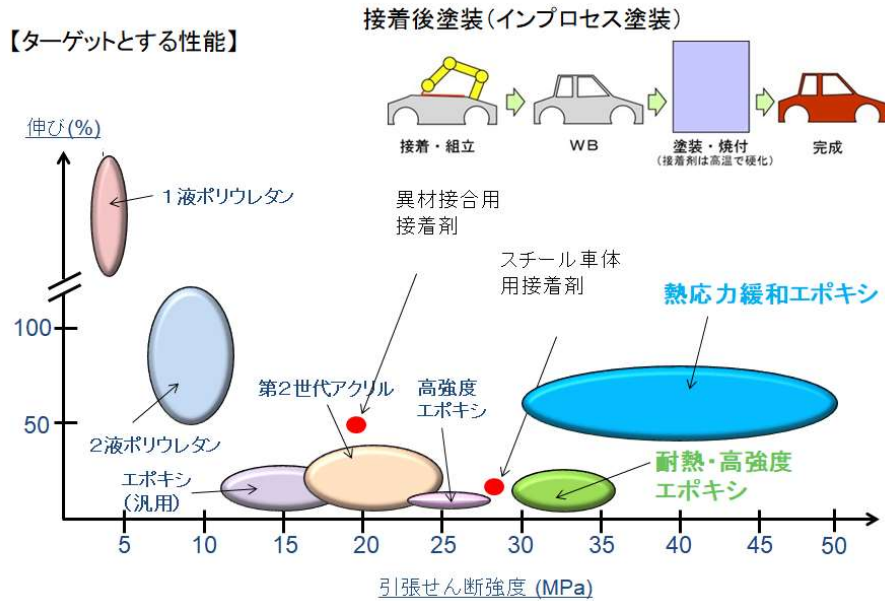
・接合技術の達成状況と成果の意義

鋼/アルミ/CFRTPの同種・異材接合技術

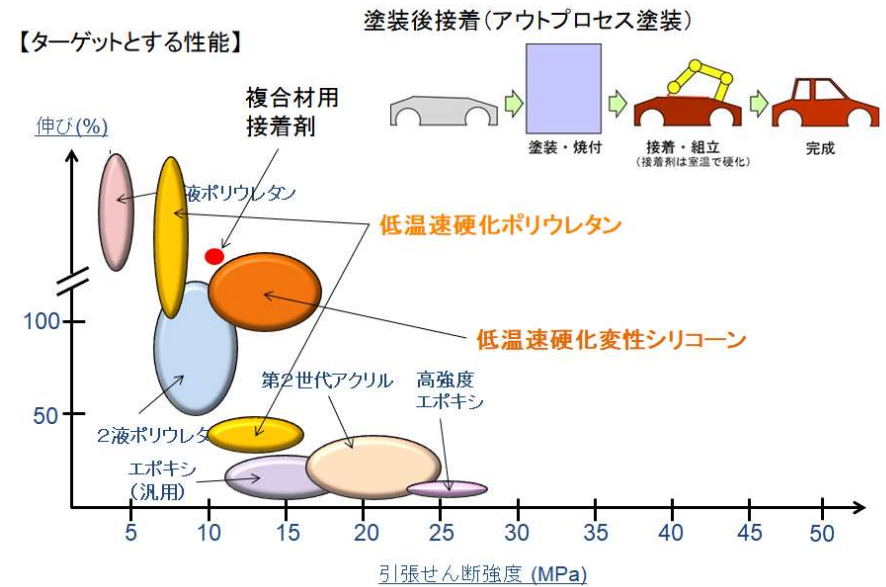


・接合技術の達成状況と成果の意義

新規接着剤の開発



接着後塗装 (インプロセス塗装)

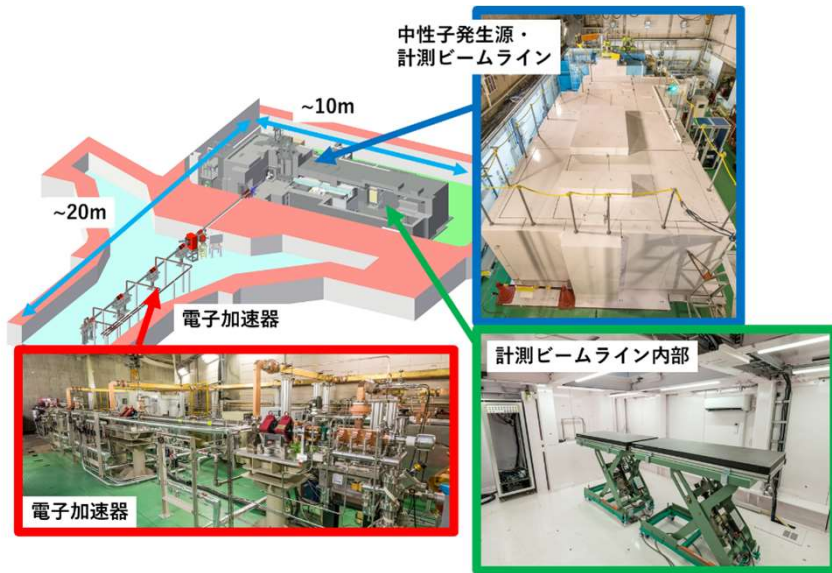


塗装後接着 (アウトプロセス塗装)

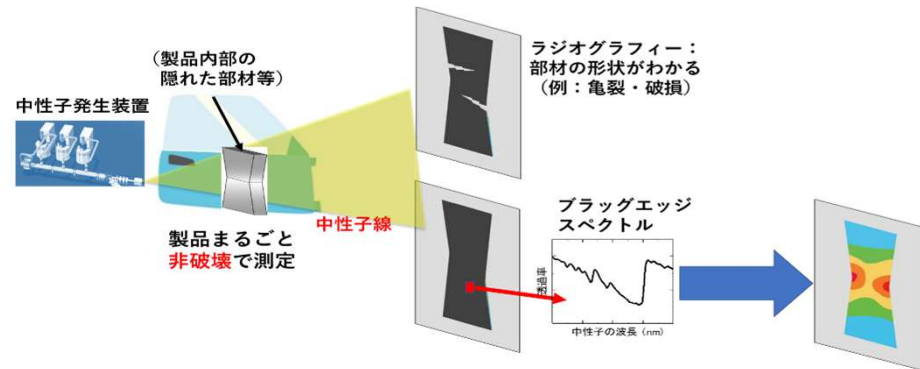
・戦略・基盤研究テーマの達成状況と成果の意義

新小型中性子線解析装置の開発 → 異材接合部の検査

開発した小型中性子解析装置の概要



ブラッグエッジイメージング法の概念図

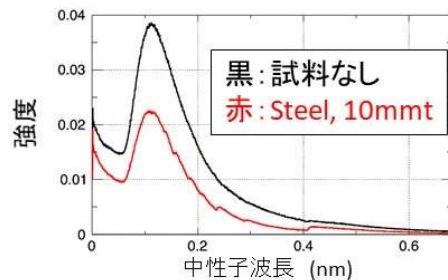


各画素のブラッグエッジスペクトルから結晶情報を抽出し画像化。

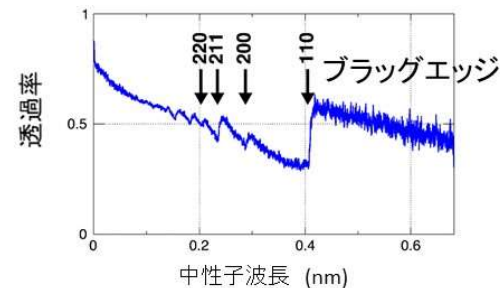
⇒ **ブラッグエッジイメージング**

ひずみ分布など部材の**結晶情報**が分かる。

ブラッグエッジイメージング測定例



比率を計算



鉄の明瞭なブラッグエッジスペクトルを取得。

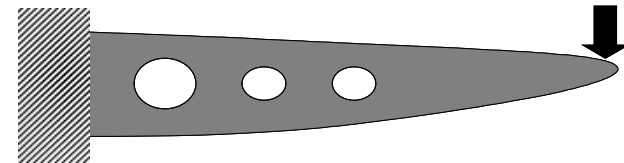


## マルチマテリアル設計の達成状況と成果の意義

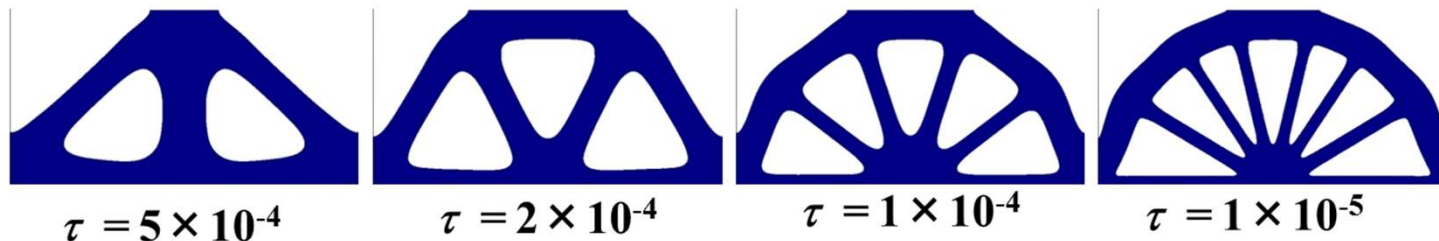
### トポロジー最適化

- 数学的・力学的根拠に基づいて、構造物の最適な形状を創成設計する方法
- 穴の数の変更, すなわち構造の形態変更も可能とする最も自由度の高い構造最適化

- 孔の数や形状等形態を変更可能
- 設計変数により高い自由度を持つ



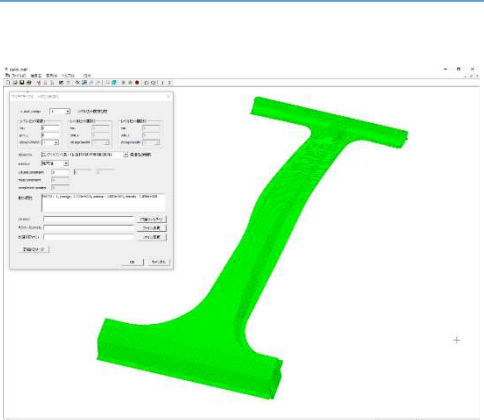
### レベルセット法に基づく方法(京都大学提案(2010))



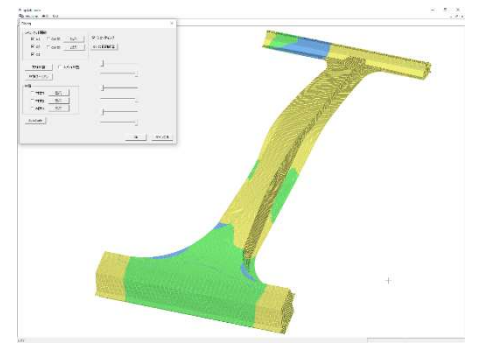
- グレースケールを含まない明確な境界をもつ最適構造
- パラメータ $\tau$ で, 幾何学的複雑さを制御可能

・マルチマテリアル設計の達成状況と成果の意義

トポロジー最適化システム



設計領域・荷重条件の設定



最適構造の表示

最適構造 (サスペンションタワー)

質量最小化

マルチマテリアル化で軽量構造を実現



鋼のみ



3材料(鋼、アルミ、マグネ)を用いた最適構造  
鋼のみより 19.6%質量減↓



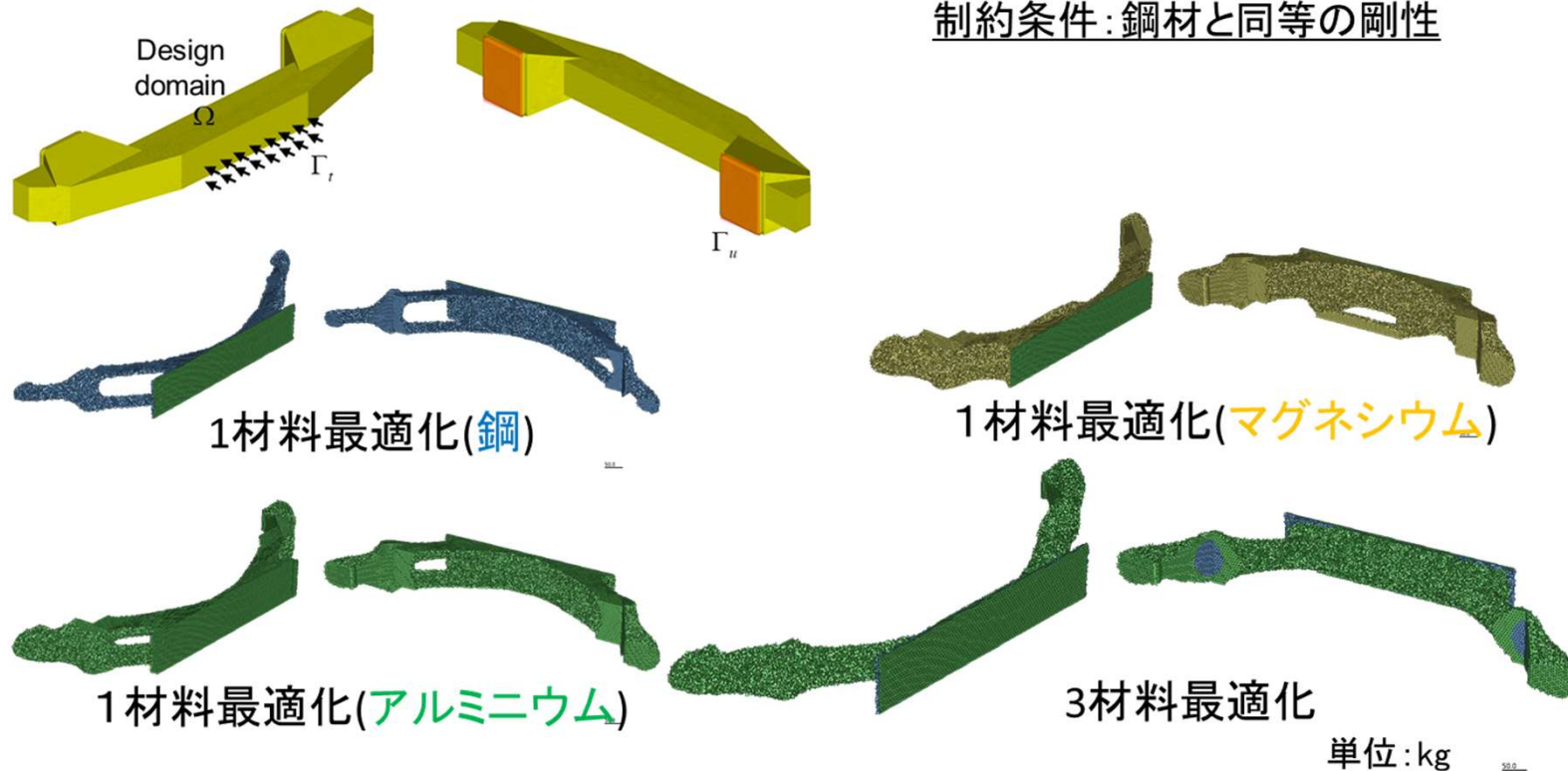
アルミのみ  
鋼のみより 17.9%質量増↑

・マルチマテリアル設計の達成状況と成果の意義

トポロジー最適化システムの構築

目的関数: 質量最小化

制約条件: 鋼材と同等の剛性

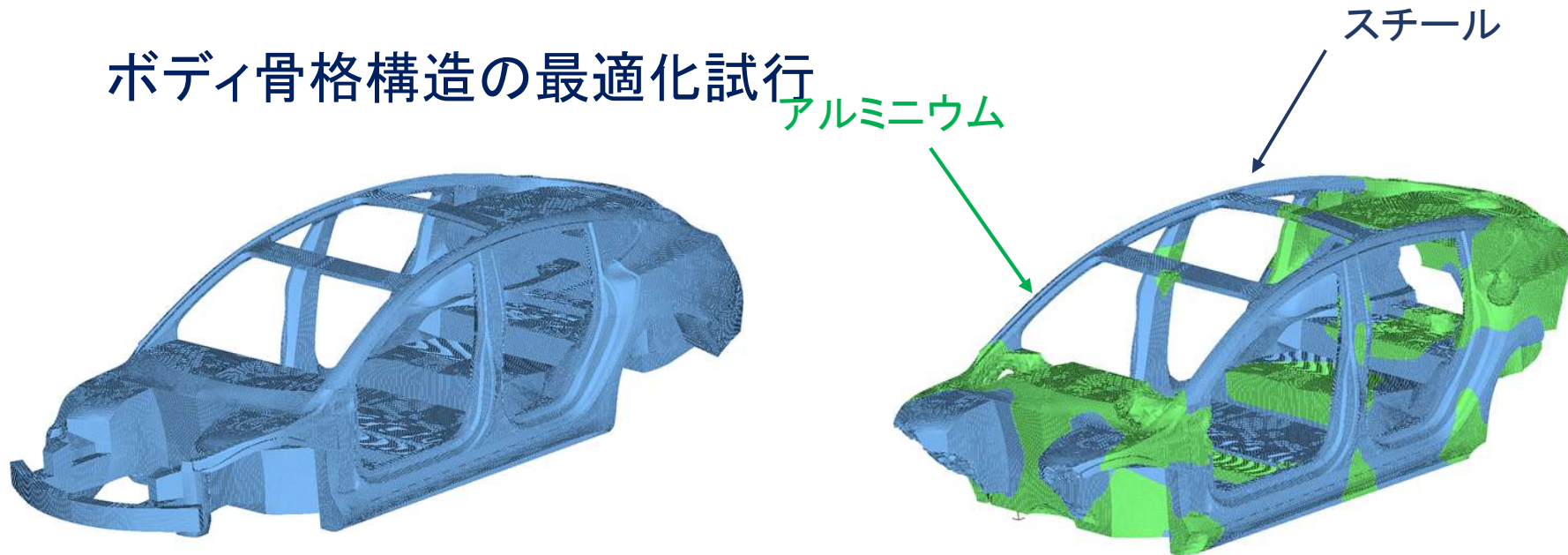


	鋼	アルミニウム	マグネシウム	3材料最適化
質量(kg)	13.6	12.1	11.4	10.5

・マルチマテリアル設計の達成状況と成果の意義

トポロジー最適化システムの構築

ボディ骨格構造の最適化試行



設計領域



最適化構造

マルチマテリアル  
軽量化構造

◆中間目標の達成度(マルチマテリアル設計)

研究開発項目	第三中間目標 (2020年度末)	研究開発成果	達成度 ※	原因・課題と 解決方針 ※未達の場合 のみ
トポロジー最適化システムの構築	<ul style="list-style-type: none"> <li>・複数の材料(マルチマテリアル)のトポロジー最適設計法の構築、</li> <li>・動的現象を対象としたトポロジー最適設計法の構築、など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・車体モデルに適用できるマルチマテリアルのトポロジー最適設計法を構築した。</li> <li>・単一材料の構造の固有振動数について、トポロジー最適設計法を構築した。など</li> </ul>	△	
マルチマテリアル界面評価・モデル化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・数値解析技術によるマルチマテリアル界面のモデル化の達成、トポロジー最適化システムとの連携可能な適切な方法の検討、など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・境界面にCZMなどの数値解析手法を適用し、各接合方法に適したモデル化方法、解析手法を明確にした。など</li> </ul>	△	
車体構造適用可能性検討	<ul style="list-style-type: none"> <li>・複数の材料の利用を想定した対象問題を選定し、そのデータを作成する。など</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・リバースエンジニアリングにより作成したBIWモデルの計算を実施し、元になった車体構造よりも軽量な最適解を得た。</li> </ul>	◎	

◎大きく上回って達成、○達成、△達成見込み、×未達

◆最終目標の達成可能性(マルチマテリアル設計)

研究開発項目	現状	最終目標 (2022年度末)	達成見通し
マルチマテリアル実設計への適用	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発材料に適用可能で、接着接合を簡易的に考慮した剛性の<b>最適設計法は構築した。</b></li> <li>最適化の結果から、実際に製造可能な車体を計算だけで求めることは難易度が高く現実的ではないため、<b>人間が介入して車体構造に変換する手法を検討している。</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>開発材料・接合方法を適用可能な最適設計法を構築する。</li> <li>マルチマテリアル最適構造の導出と接合方法を含めた評価を実施し、<b>最終的にマルチマテリアル軽量化車体の提案を行う。</b></li> </ul>	<p>達成見込み。</p> <p>達成見込み。</p>

## ◆成果の普及

	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度
論文数(件)	8	31	34	44	45	39
発表総数 (報)	117	230	178	275	274	237
取材(件)	10	12	25	28	55	93
フォーラム等 (件) 注1	1	1	1	2	1	0 注2

注1) 実施者が主体的に開催するイベント(フォーラム、シンポジウム等)。

注2) コロナウィルス感染リスクを避けるため中止。登録者に配布資料を郵送。

## ◆ 知的財産権の確保に向けた取組

	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度	2018 年度	2019 年度
特許出願 件数 (件)	25	41	22	25	29	20

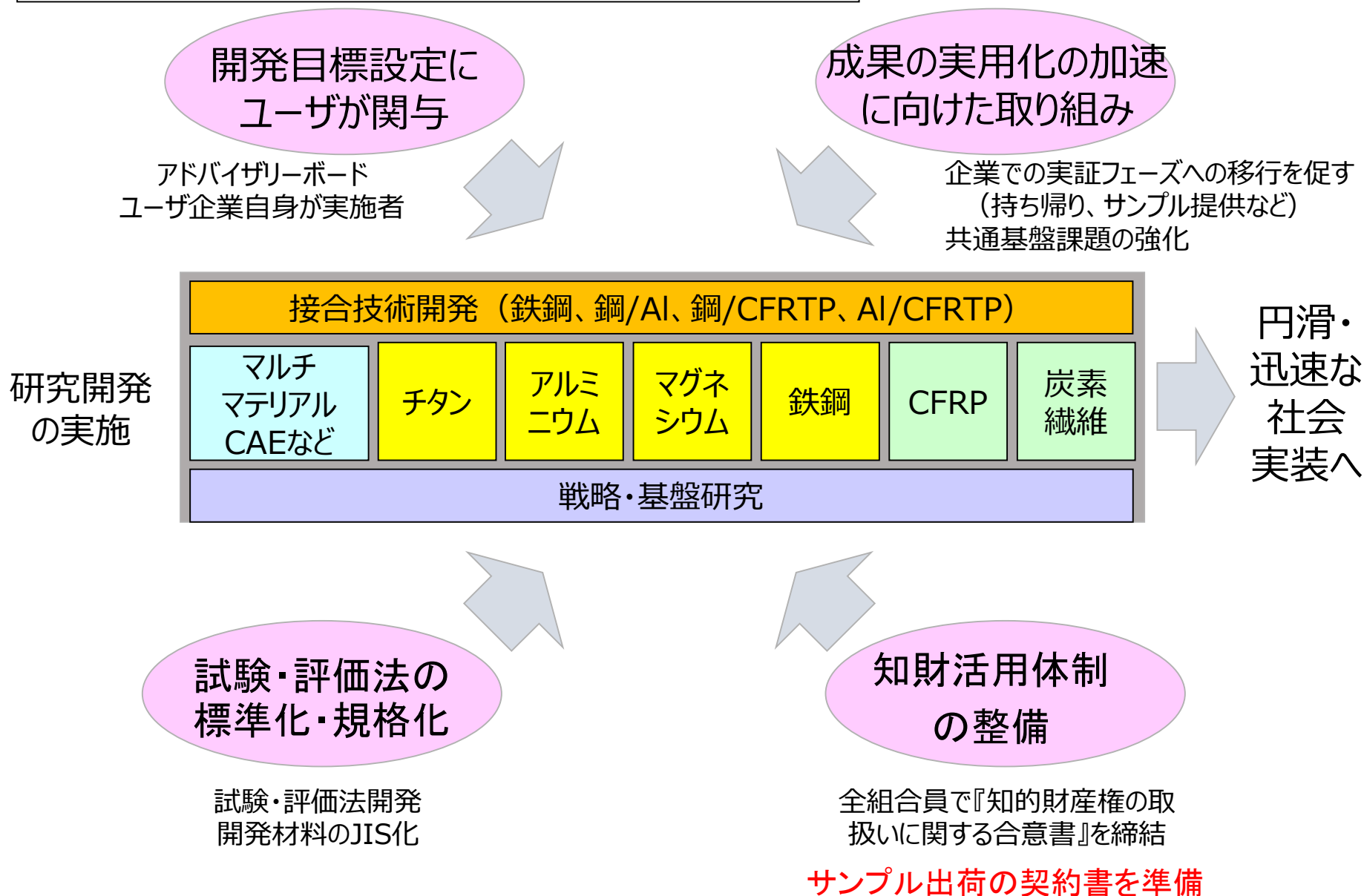
- ・研究開発の成功と成果の事業化による国益の実現のために**外国・PCT出願を積極的に実施。**
- ・特許出願に際し、出願前に届出書を提出し**弁理士を含む知財委員会において内容を審議。**



◆本プロジェクトにおける「実用化・事業化」の考え方

当該研究開発に係る**試作品**、サービス等の社会的利用(顧客へのサンプル提供等)が開始されること、軽量化のための技術開発・材料開発がなされることであり、さらに、当該研究開発に係る商品、製品、サービス等の**販売**や利用により、企業活動(売り上げ等)に貢献することをいう。

◆ 実用化・事業化に向けた戦略



### ◆実用化・事業化に向けた具体的取組（接合A社）

研究成果の自動車部品への適用を目指した**マルチマテリアルドアの検討**を開始した。具体的にはドアインナを射出成形による**非連続繊維CFRP**とし、アウトパネルに**アルミニウム**、インパクトバーとしてISMA**革新鋼板**や**革新アルミ**、**革新マグネ**を想定したものである。

### ◆実用化・事業化に向けた具体的取組（非鉄金属B社）

高強度アルミニウム合金を用いた自動車部品の開発では、2019年度までに革新技術の要である直径95mm**大型ねじり鍛錬加工装置の開発**を行った。2020年度より**ねじり鍛錬加工条件の最適化**を行い、大型部材試作に向けた準備を進める。また材料の最適化、接合技術開発を行うとともに、**実証試作に向けたベンチマーク作成**を行い、アルミ化設計に繋げる。

## ◆成果の実用化・事業化の見通し（接合A社）

### (1) 実用化・事業化に向けた戦略

本テーマで戦略的に取り組む二つの**異材点接合技術(アルミニウム/鋼板、アルミニウム/CFRP)**はいずれも**多関節ロボットとの組み合わせが可能**であり、リベットや接着などの旧来の接合方法に比べると現行の車体組立ラインへの適合性が高い。即ち、多額の設備投資が不要であり、且つ、従来の鋼板製車体とマルチマテリアル車体の混流生産や海外生産にも展開可能であることから、**マルチマテリアル車体実用化のコア技術**になるものと考えられる。

### (2) 市場動向と売上損益見通し(市場規模・成長性、経済効果)

技術開発のトレンドによると**車体のマルチマテリアル化**は2020年代頃から車の全面改良に合わせて**随時拡大するものと予想**され、最小(1モデル)でも年間数万台レベル、主要車種に適用されれば年間数十万台レベル、同業他社が採用した場合にはさらに大きな事業規模に達する。

開発技術を着実に社会へと還元するため、自社の占有ではなく、海外メーカを除く**国内同業他社への技術ライセンスを検討**する。

## ◆波及効果

### 接合技術開発

アルミニウム/異種材料の点接合技術は、自動車産業だけでなく、航空機や鉄道車両、電気機器等の他産業にも展開可能である。また、異材の接合が可能となることから、アルミニウムなどの軽金属や樹脂/CFRPなどの需要拡大、さらには素材産業の活性化にも繋がるものと考えられる。

### 革新アルミ材開発

本プロジェクトにおける革新アルミニウム合金とその接合技術は、航空機、鉄道車両、自動二輪車等の自動車以外の輸送機器にも幅広く適用が可能であり、他分野での軽量化効果の拡大に繋がる。

## 革新材料

### ・革新鋼板: 目標達成

革新鋼板の知見をユーザーに提示し、必要に応じサンプルを提供。  
カーボンアナライザーなどの分析機器を実用化。  
腐食原理を解明し、自動車使用に有用な腐食基礎データを提供。  
遅れ破壊(水素脆化)に関し、歪を考慮した試験法を提案。

### ・革新アルミ: 目標達成

ねじり加工を付加した高強度アルミの自動車用部品への適用・評価。  
高強度高延性Al-Sc合金の開発と部品試作。

### ・革新マグネ: 目標達成

高速鉄道用: 5m長モックアップ構体の試作と信頼性の検証。  
自動車用: 高成形性新合金を適用した大型自動車部材の試作・評価。

### ・革新チタン: 目標達成

非溶解型低コスト薄板製造プロセス確立(気孔率0.2%以下)  
スポンジチタンの自動選別機実ライン化(高効率スポンジチタン製造プロセス開発)。  
高被削性チタンの航空機部材試作に向けた大型化プロセスを開発中。

## 革新材料

### ・革新炭素繊維: 目標ほぼ達成

完全耐炎化ポリマー: パイロット試験設備改良によるポリマー量的試作と紡糸(技術見極め後)。

マイクロ波炭素化: 製糸スケールアップ検討とコンポジット評価・用途探索(技術妥当性判断後)。

### ・熱可塑性CFRP(LFT-D): プロセス実証達成

熱可塑性CFRP(CFRTP)製のシャシーを試作。2017年度ナノテク大賞を受賞。

過熱水蒸気法によるCF回収リサイクルシステムを構築中。

## 接合技術・接着技術

### ・中高炭素鋼(1.5GPa級)の点接合技術: 目標達成

摩擦攪拌点接合(FSSW)ロボットを国際展示会においてデモ展示。

### ・中高炭素鋼(1.5GPa級)の連続接合技術: 目標達成

予熱式両面FSWによる自動車用TWB部材の試作、ロボットによる部品試作。

### ・鋼材/アルミのスポット接合技術: 目標達成見込み

自動車部品の鋼/アルミの異材継手に抵抗スポット溶接の適用を検討中。

### ・アルミ/CFRPのスポット接合技術: 目標達成見込み

自動車部品のアルミ/CFRTPの異材継手に摩擦点接合(FSSW)の適用を検討中。

### ・自動車用構造接着剤: 目標達成

ユーザー向けサンプル提案を実施し、その後実生産を開始予定。

## マルチマテリアル技術

### ・マルチマテリアル設計: 目標ほぼ達成

今期中に解析ツールプロトタイプを完成。

ボディ骨格構造のトポロジー最適化を試行中。

### ・ガルバニック腐食(2019年度開始)

実車走行時の腐食を反映したガルバニック腐食試験法および最適防錆の在り方を提示。

## 戦略基盤研究

### ・小型中性子線解析: 新設備を産業技術総合研究所に設置

有効活用するためのガイドラインを作成し、装置の外部共同利用化を図る。

### ・拠点形成

データの集積・管理・解析・活用、評価・解析手法の開発、などのための拠点の整備開始。