

## 2021年度実施方針

材料・ナノテクノロジー部

## 1. 件名：革新的新構造材料等研究開発

## 2. 根拠法

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構法第十五条第一号ニ

## 3. 背景及び目的・目標

エネルギー消費量削減やCO<sub>2</sub>排出量削減は、国際的な重要課題である。産業・運輸・民生の各部門で様々な対応が図られており、例えば運輸部門では、世界的に自動車に対する厳しい燃費規制が設定されている。我が国においても、CO<sub>2</sub>総排出量の20%近くが自動車からの排出であり、今後のCO<sub>2</sub>排出量削減に向けて、自動車の燃費向上に係る技術開発が重要となる。

近年の車両軽量化技術開発では、軽量材料を適材適所に使うマルチマテリアル化が進められている。その際、異種材料接合が鍵となるが、材質が大きく異なる材料間の接合や、自動車としての安全性を保證する上で欠かせない接合部の性能評価技術など、今後克服すべき数多くの技術課題が残されている。

また、構造材料そのものの軽量化も極めて重要な課題であり、高強度、高延性、不燃性、耐食性、耐衝撃性等の機能が確保された軽量構造材の開発が必要である。それと同時に、これらの機能を損なうことのない接合技術や成形加工技術等の開発が求められる。

自動車を中心とした輸送機器の抜本的な軽量化（半減）に向けて、革新的接合技術の開発や、鋼材、アルミニウム材、チタン材、マグネシウム材、炭素繊維及び炭素繊維強化樹脂（Carbon Fiber Reinforced Plastics、以下「CFRP」という。）等、輸送機器の主要な構造材料の高強度化等に係る技術開発を一体的に推進する。これにより、輸送機器の燃費向上によるエネルギー消費量とCO<sub>2</sub>排出量の削減、次世代自動車普及の加速、我が国の部素材産業及びユーザー産業の国際競争力強化を目指す。

[委託事業・第1期・第2期・第3期・第4期研究開発目標]

研究開発項目①「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
- (a) トポロジー最適化システムの構築

【第3期目標（2020年度末）】

- ・複数の材料のトポロジー最適設計法を構築する。

- ・線形過渡応答問題のトポロジー最適設計法を構築する。
- ・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・検討及び他の CAE ツールと連携可能なシステムを構築する。

(b) マルチマテリアル界面評価・モデル化

【第 3 期目標 (2020 年度末)】

- ・マルチマテリアル界面の評価方法の現状、及び今後のニーズを調査する。
- ・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。
- ・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。

(c) 車体構造適用可能性検討

【第 3 期目標 (2020 年度末)】

- ・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。
- ・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。
- ・最適構造の工学的な妥当性を検証・評価する。

(d) マルチマテリアル実設計への適用

【第 4 期目標 (2022 年度末)】

- ・開発材料を利用した最適設計法を構築する。
- ・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。

(2) マルチマテリアルボディーの検討・試作

【第 4 期目標(2022 年度末)】

- ・トポロジー最適化法により得られた軽量化マルチマテリアル部材につき、粉末積層造形プロセスによる軽量化の可能性を検討する。
- ・開発材料、接合・接着技術を集約して、自動車の部材や車体の部分骨格を試作し軽量化効果の検証を行う。

研究開発項目②「接合技術開発」

(1) チタン／チタン連続接合技術の開発

【第 1 期目標 (2015 年度末)】

- ・接合深さ：5mm 以上
- ・接合強度：母材強度の 90%以上

- ・接合装置：設計技術の確立

【第2期目標（2017年度末）】

- ・接合深さ：10mm以上
- ・接合強度：母材強度の90%以上
- ・接合装置：設計技術の確立

(2) 中高炭素鋼／中高炭素鋼接合技術の開発

【第1期目標（2015年度年末）】

(a) スポット接合技術開発

- ・接合強度：厚み1.5mm、強度1.2GPa以上の中高炭素鋼で、JIS-A級（JIS Z3140:1989）の引張せん断荷重平均値の70%

(b) 連続接合技術開発

- ・接合強度：厚み2mm、強度1.2GPa以上の中高炭素鋼で、母材強度の70%

【第2期目標（2017年度末）】

(a) スポット接合技術開発

- ・接合強度：厚み1.5mm、強度1.2GPa以上の中高炭素鋼で、JIS-A級（JIS Z3140:1989）の引張せん断荷重平均値の70%以上

(b) 連続接合技術開発

- ・接合強度：厚み2mm、強度1.2GPa以上の中高炭素鋼で、母材強度の70%以上

【第3期目標（2020年度末）】

(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

【第4期目標（2022年度末）】

(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

(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）

【第1期目標（2015年度末）】

- ・接合強度：試験片の接合で、JIS-A級（JIS Z3140:1989）の引張せん断荷重平均値以上または母材破断
- ・電食による接合部腐食の電気化学的評価手法の確立
- ・鋼板／アルミニウム間の熱膨張差による熱歪みの評価解析手法の確立

【第2期目標（2017年度末）】

- ・高減衰接着剤の仕様決定
- ・電食に対する防錆技術の確立

【第3期目標（2020年度末）】

- ・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

【第4期目標（2022年度末）】

- ・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

【第1期目標（2015年度末）】

- ・接合強度：試験片の接合で、JIS-A級（JIS Z3140:1989）の引張せん断荷重平均値以上または母材破断
- ・電食による接合部腐食の電気化学的評価手法の確立
- ・アルミニウム／CFRP間の熱膨張差による熱歪みの評価解析手法の確立

【第2期目標（2017年度末）】

- ・高減衰接着剤の実用組成の決定
- ・電食に対する防錆技術の確立

【第3期目標（2020年度末）】

- ・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

【第4期目標（2022年度末）】

- ・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

##### 【第 1 期目標（2015 年度末）】

- ・接合強度：母材破断

##### 【第 2 期目標（2017 年度末）】

- ・接合強度：母材破断
- ・電食による接合部腐食の評価手法の確立

##### 【第 3 期目標（2020 年度末）】

- ・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

##### 【第 4 期目標（2022 年度末）】

- ・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

##### 【第 2 期目標（2017 年度末）】

- ・接合強度：引張せん断強度 10MPa 以上
- ・接合部劣化のメカニズム解明及び評価法の確立

##### 【第 3 期目標（2020 年度末）】

- ・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

##### 【第 4 期目標（2022 年度末）】

- ・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。

研究開発項目③「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

**【第1期目標 (2015年度末)】**

- (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
- ・鉄含有値：ばらつき範囲 50～500ppm 平均値 200ppm 以下
  - ・酸素含有値：ばらつき範囲 100～200ppm 平均値 150ppm 以下
  - ・塩素含有値：300ppm 以下
- (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
- ・薄板中の気孔率：1%以下
  - ・引張強度・延性バランス：現行材より 20%向上

**【第2期目標 (2017年度末)】**

- (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
- ・大型工業製品製造に不可欠な工程技術の要素技術を確立し、量産プロセスの見通しを得る。
- (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
- ・工業的に薄板を製造するプロセスの要素技術を確立し、量産プロセスの見通しを得る。

**【第3期目標 (2020年度末)】**

- (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、 $Fe \leq 200ppm$ 、 $O \leq 150ppm$ 、 $Cl \leq 300ppm$  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
  - ・スポンジチタンの製造リードタイムを 30%低減可能な技術の確立
- (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

(2) チタン材連続一貫製造プロセス技術開発

**【第1期目標 (2015年度末)】**

- (a) スクラップチタンやチタン鉱石などのチタン低廉材料の溶解・精錬要素技術の開発
- ・精錬後の酸素含有値：300ppm 以下
- (b) 上述の溶解・精錬技術と鑄造、圧延を組み合わせたチタン材連続一貫製造プロセス要素技術の開発

- ・引張強度：現行材より 20%向上

【第 2 期目標（2017 年度末）】

- (a) スクラップチタンやチタン鉱石などのチタン低廉材料の溶解・精錬要素技術の開発
  - ・実機プロセスにおける精錬後の酸素含有値を 300ppm 以下とする要素技術確立の見通しを得る。
- (b) 上述の溶解・精錬技術と鑄造、圧延を組み合わせたチタン材連続一貫製造プロセス要素技術の開発
  - ・高速高压下箔圧延技術：生産性向上の達成に向けた要素技術を確立し、量産プロセスへの見通しを得る。

【第 3 期目標（2020 年度末）】

- ・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

(3) チタン新製錬技術開発

【第 1 期目標（2015 年度末）】

工業化への展開が可能な低コストでの新規な製錬技術の開発

(ラボスケールで検証)

- ・鉄含有値：2000ppm 以下
- ・酸素含有値：1000ppm 以下

【第 2 期目標（2017 年度末）】

工業化への展開が可能な低コストでの新規な製錬技術の開発

- ・製錬プロセス設計指針を構築し、量産プロセスへの見通しを得る。

【第 3 期目標（2020 年度末）】

- ・工業化が可能と判断される  $Fe \leq 2000ppm$ 、 $酸素 \leq 1000ppm$  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  $\mu m$  厚さで、 $O \leq 1000ppm$ 、 $Fe \leq 2000ppm$  を試作。

研究開発項目④「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

【第 1 期目標（2015 年度末）】

- ・引張強度：660MPa 以上（現状：600MPa）
- ・耐力（降伏強度）：600MPa 以上（現状：550MPa）

- ・伸び：12%以上

【第2期目標（2017年度末）】

- ・引張強度：750MPa以上（現状：600MPa）
- ・耐力（降伏強度）：700MPa以上（現状：550MPa）
- ・伸び：12%以上

【第3期目標（2020年度末）】

- ・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

【第4期目標（2022年度末）】

- ・開発合金の実機化製造条件の技術指針確立
- ・Sc添加アルミニウム合金の自動車用途としての実用性を検証する。

(2) アルミニウム材製造電析プロセス技術開発

【第1期目標（2015年度末）】

- ・電解条件の確立
- ・電析メカニズムの解明

【第2期目標（2017年度末）】

- ・AlCl<sub>3</sub>系イオン液体の新合成法の開発及び量産法の提示
- ・パイロットプラントによる実証実験

【第3期目標（2020年度末）】

- ・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

【第4期目標（2022年度末）】

- ・鋳物級の低純度から新地金以上の高純度アルミニウムへのハイアップグレード技術の指針確定
- ・ハイアップグレード用電解液を用いた高速電解精錬技術の確立
- ・省エネルギーかつCO<sub>2</sub>排出量低減が可能なハイアップグレード技術の開発

(3) 複層アルミ合金の開発



**【第2期目標（2017年度末）】**

- ・熱処理後の耐力 600MPa 以上
- ・成形前の伸び 20%以上
- ・製造プロセス設計指針の提示

**【第3期目標（2020年度末）】**

- ・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

研究開発項目⑤「革新的マグネシウム材の開発」

（1）易加工性マグネシウム材の開発

**【第1期目標（2015年度末）】**

- ・レアアース添加無し
- ・引張強度：250MPa 以上
- ・伸び：15%以上
- ・AZX311 マグネシウム合金と同程度以上の難燃性
- ・AZ31（マグネシウム材）と同程度以上の押出速度

**【第2期目標（2017年度末）】**

- ・レアアース添加無し
- ・引張強度：270MPa 以上
- ・伸び：20%以上
- ・AZX311 マグネシウム合金と同程度以上の難燃性
- ・A6N01（アルミニウム材）と同程度以上の押出速度

（2）高強度マグネシウム材の開発

**【第1期目標（2015年度末）】**

- ・レアアース添加無し
- ・引張強度：350MPa 以上
- ・伸び：13%以上
- ・AZX311 マグネシウム合金と同程度以上の難燃性

**【第2期目標（2017年度末）】**

- ・レアアース添加無し
- ・引張強度：360MPa 以上

- ・伸び：15%以上
- ・AZX311 マグネシウム合金と同程度以上の難燃性

### (3) マグネシウム材の評価手法の開発

#### 【第1期目標 (2015年度末)】

- ・既存の難燃性マグネシウム合金を対象として、発火メカニズム及び腐食メカニズムの解明と評価手法の導出

#### 【第2期目標 (2017年度末)】

- ・本プロジェクトで開発した難燃性マグネシウム合金を対象として、発火特性、腐食特性及び疲労特性に関するデータベース構築

### (4) マグネシウム材の接合技術の開発

#### 【第2期目標 (2017年度末)】

- ・本プロジェクトで開発した難燃性マグネシウム材を対象として、MIG、TIG、FSW等の接合技術の開発を行う。

### (5) 革新的マグネシウム材の開発および長期性能評価

#### 【第3期目標 (2020年度末)】

- (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。

#### 【第4期目標 (2022年度末)】

- (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。

### (6) マグネシウム製高速車両構体の開発

#### 【第3期目標 (2020年度末)】

- (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。

**【第4期目標（2022年度末）】**

(6-3) 革新的マグネシウム材の高速車両用構体への適用による試作、検証を行う。

(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

**【第3期目標（2020年度末）】**

・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。

**【第4期目標（2022年度末）】**

・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。

研究開発項目⑥「革新鋼板の開発」

(1) 高強度高延性中高炭素鋼の開発

**【第1期目標（2015年度末）】**

・レアメタル添加量：10wt%未満  
・引張強度：1.2GPa以上  
・伸び：15%以上

**【第2期目標（2017年度末）】**

・レアメタル添加量：10wt%未満  
・引張強度：1.5GPa以上  
・伸び：20%以上

**【第3期目標（2020年度末）】**

・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

**【第4期目標（2022年度末）】**

・鋼材中の軽元素と耐食性の関係の明確化

(2) 中高炭素鋼の解析・評価手法の開発

【第1期目標 (2015年度末)】

- ・低濃度炭素検出技術  
炭素定量下限：30ppm
- ・微細粒成長動的観察技術  
像分解能：15nm
- ・加熱加工模擬技術の確立
- ・鋼の歪み挙動解析技術の確立

【第2期目標 (2017年度末)】

- ・鋼組織の高速定量解析技術の確立
- ・鋼中のヘテロ構造と軽元素の空間相関評価技術の確立

【第3期目標 (2020年度末)】

- ・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

【第4期目標 (2022年度末)】

- ・薄鋼板の水素脆化挙動に係るき裂伝播挙動解析技術を構築する。また、新規マイクロ組織観察技術を開発し、き裂伝播挙動との関係を明らかにする。

研究開発項目⑦「熱可塑性CFRPの開発」

(1) 熱可塑性CFRPと金属材料との接合技術開発

【第1期目標 (2015年度末)】

- ・CFRPと異種材料(鉄鋼、アルミ合金)との接合の要素技術の見極めを行い、上記接合方式・接合形状における強度設計に必要なデータベースを構築する。

【第2期目標 (2017年度末)】

- ・2015年度までに構築した異材接合データベースを基に、現行量産車において多用され一般的に用いられている接合方式(ボルト締結や接着接合)と同等以上の強度を達成

するための要素技術及びその設計手法を確立する。また、最適な非破壊評価手法を確立する。

(2) 熱可塑性 CFRP の開発及び構造設計・加工技術の開発

【第1期目標 (2015年度末)】

(a) 熱可塑性 CFRP の中間基材の開発

- ・中間基材のバリエーションを拡大し、車体の6割軽量化を実現する中間基材の製造に係る要素技術を確立する。

(b) 熱可塑性 CFRP の性能評価技術の開発

- ・開発材の静的及び動的力学特性把握のための標準試験法・試験片製作方法を提案する。

(c) 熱可塑性 CFRP を用いた構造設計技術の開発

- ・開発材の静的及び動的材料特性を CAE (Computer Aided Engineering) 解析に適用した予測技術を確立し、予測精度を既存の鋼板製車体と同等以上とする。

(d) 熱可塑性 CFRP の成形加工技術の開発

- ・成形シミュレーション技術を構築する。

(e) LFT-D (Long Fiber Thermoplastics-Direct) 成形の基礎技術の開発

- ・炭素繊維と熱可塑性樹脂の混練体の流動特性と材料特性の関係を解析し、混練プロセスの最適条件を解明し、基礎的力学的モデルを提案する。また、初歩的 CAE 解析技術を確立する。

(f) 大物高速成形技術の開発

- ・初歩的なボディ部材を対象に高速プレス成形技術を確立する。また、構造材の剛性確保のために LFT-D 成形品の部分補強を試行する。ハイブリッド構造を達成するためのマテハン技術の概念を決定する。

(g) 大物高速接合技術の開発

- ・熱可塑性 CFRP 使用部材同士の接合方法を見極め、最適手法を選択する。

(h) 高意匠性外板製造技術開発

- ・高意匠性を支配する技術要因を分析し、基礎技術を見極める。

(i) 実証評価

- ・実証評価の実施方法を策定する。

【第2期目標 (2017年度末)】

(a) 熱可塑性 CFRP の中間基材の開発

- ・組立パーツの部品点数の半減を実現する中間基材の製造に係る要素技術を確立する。

(b) 熱可塑性 CFRP の性能評価技術の開発

- ・材料特性発現メカニズムを解明することにより、標準試験法による評価値の妥当性を

検証する。

- (c) 熱可塑性 CFRP を用いた構造設計技術の開発
  - ・ CAE 解析予測技術を用いた複数部材の一体化設計技術を開発し、組立パーツの部品点数半減と車体の 6 割軽量化のための要素技術を確立する。
- (d) 熱可塑性 CFRP の成形加工技術の開発
  - ・ 成形シミュレーション技術を基にして、繊維配向や形状安定性の予測手法を確立する。
- (e) LFT-D (Long Fiber Thermoplastics-Direct) 成形の基礎技術の開発
  - ・ 量産化につながる混練・押出プロセスの要素技術を確立する。また、LFT-D の材料特性データベースの一部を構築するとともに、試験法標準化への道付けを実施する。さらに、力学モデルの高度化を行い、CAE 解析ソフトウェアに組み込む。
- (f) 大物高速成形技術の開発
  - ・ 複雑なボディ部材の成形技術を確立し、量産化に繋がる要素技術を確立する。ハイブリッド成形技術を確立するとともに、高速マテハン技術の要素技術を確立する。
- (g) 大物高速接合技術の開発
  - ・ 熱可塑性 CFRP 使用部材同士の接合技術を確立する。
- (h) 高意匠性外板製造技術開発
  - ・ 選定した材料、プロセスを用いて、高意匠性付与技術を確立する。
- (i) 実証評価
  - ・ 自動車構造体を想定して、自動車ボディの剛性試験などにより軽量化の検証を行うと共に、量産化に向けた課題の抽出を行う。

### 【第 3 期目標 (2020 年度末)】

- (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
  - ・ その場合重合成形補強材と 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ッ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。

**【第 4 期目標（2022 年度末）】**

- (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
  - ・LFT-D 材と異種材料との組合せによる LFT-D マルチマテリアル要素技術の検討を行う。
- (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。
- (3) 超軽量 CFRTP/CFRP ハイブリッド部材の開発

**【第 4 期目標（2022 年度末）】**

- ・CFRTP 材料および成形技術を活用して、CFRTP/CFRP（熱可塑/熱硬化）ハイブリッド部材を設計し、軽量化効果を実証する。

研究開発項目⑧「革新炭素繊維基盤技術開発」

- (1) 新規炭素繊維前駆体化合物の開発

**【第 1 期目標（2015 年度末）】**

- ・下記（2）の成果とあわせて、新たな炭素繊維前駆体の効率的な合成プロセス技術を確立し、新たな炭素繊維前駆体を開発する。なお、汎用炭素繊維と同等の特性とは、引張弾性率 235GPa、破断伸度 1.5%とする。

**【第 2 期目標（2017 年度末）】**

- ・下記（2）の成果とあわせて、異形状炭素繊維の製造技術を確立する。

**【第 3 期目標（2020 年度末）】**

- ・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  $7\mu\text{m}$  で、弾性率  $240\text{GPa}$ 、強度  $4\text{GPa}$  を凌ぐ性能を目指す。

## (2) 炭化構造形成メカニズムの解明

### 【第1期目標 (2015年度末)】

- ・(1) の成果とあわせて、新たな炭素繊維の製造技術を開発する。なお、汎用炭素繊維と同等の特性とは、引張弾性率  $235\text{GPa}$ 、破断伸度  $1.5\%$  とする。

### 【第2期目標 (2017年度末)】

- ・(1) の成果とあわせて、異形状炭素繊維の製造技術を確立する。

### 【第3期目標 (2020年度末)】

- ・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。

## (3) 炭素繊維の評価手法開発、標準化

### 【第1期目標 (2015年度末)】

- ・圧縮試験、曲げ試験、ねじり試験方法の規格原案を作成し、JIS/ISO 化に必要なデータを収集する。また、単繊維の熱膨張率計測試験について、試験装置を開発し、評価手法を確立するとともに、熱可塑性樹脂との界面接着特性試験について、複数の評価手法について比較検討を行い、その結果をテスト報告 (TR) としてとりまとめる。さらに、新規炭素繊維前駆体から製造される炭素繊維を適用した複合材料の設計やライフサイクルアセスメント (LCA) に活用するためのデータを収集する。

### 【第2期目標 (2017年度末)】

- ・熱可塑性樹脂と異形状炭素繊維の界面特性を検証し、その特性発現メカニズムを解明することにより、標準的な力学的試験法を確立する。

## 研究開発項目⑨「戦略・基盤研究」

### (1) 新構造材料の動向調査・技術・研究戦略

#### 【第1期目標 (2015年度末)】

- ・研究開発のビジョンの明確化
- ・接合技術及び個別材料の技術戦略指針、実用化に向けた課題抽出
- ・プロジェクトの技術・研究戦略の策定
- ・新規材料の輸送機器への適用可能性の明確化
- ・新規材料の研究開発方針の明確化



**【第2期目標（2017年度末）】**

- ・ 研究開発の実用化・事業化ビジョンの明確化
- ・ 接合技術及び個別材料の技術戦略の策定
- ・ 新規材料の実用化に向けた技術課題（構造体関連）の抽出
- ・ 異種材料接合技術の標準化・規格化の検討体制の構築

**【第3期目標（2020年度末）】**

- ・ 接合技術及び個別材料の技術戦略の策定
- ・ 新規材料の実用化に向けた技術課題の抽出
- ・ 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
- ・ 異種材料接合技術の標準化・規格化の検討

**【第4期目標（2022年度末）】**

- ・ 新規材料、接合・接着技術の実用化に向けた技術・コスト課題の明確化
- ・ 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
- ・ 異種材料接合技術の標準化・規格化取りまとめ
- ・ プロジェクト成果の取りまとめ及び検証
- ・ プロジェクト成果をプロジェクト終了後も活用してくための方策を具体的に検討し準備を進める。

**(2) 共通基盤技術の調査研究**

**【第1期目標（2015年度末）】**

- ・ 構造材料、接合プロセスに関する新たな研究シーズの顕在化
- ・ マルチマテリアル設計における、研究方向性の明確化
- ・ 材料と破壊の基礎メカニズム解明
- ・ 接合部の非破壊評価手法の確立
- ・ プロセスモニタリング／ヘルスマニタリング手法の確立

**【第2期目標（2017年度末）】**

- ・ 構造材料、接合プロセスに関する新たな研究シーズ(腐食や水素脆化評価など)の顕在化
- ・ 小型中性子線などによる構造材料評価手法の構築
- ・ 軽量金属材料（アルミニウム、マグネシウム）に関する計測・評価手法の確立
- ・ 熱可塑性複合材料の損傷・強度評価手法の確立
- ・ 構造体接合部設計・評価手法の確立

**【第3期目標（2020年度末）】**

- ・構造体接合部設計・評価手法の抽出
- ・新材料の材料代替効果定量技術の開発課題の抽出
- ・車体軽量化技術の集約化に関する課題の抽出
- ・異種材料接合における腐食課題の抽出

**【第4期目標（2022年度末）】**

- ・構造体接合部設計・評価手法の確立
- ・新材料の材料代替効果定量技術の確立
- ・車体軽量化技術の集約手法・実行体制の確立
- ・異種材料接合における腐食解析手法の確立

**（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**

**【第3期目標（2020年度末）】**

- ・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。
- ・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。
- ・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。

**【第4期目標（2022年度末）】**

- ・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。
- ・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。
- ・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。
- ・鋼中の水素局所的濃縮を検出する技術を開発する。

**（4）低圧・超高速 CFRP 成形技術の開発**

**【第3期目標（2020年度末）】**

- ・樹脂供給体における樹脂・基材の基本設計を完了する。
- ・低圧・高速成形の平板形状での成形条件を確立する。
- ・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。

#### 4. 実施内容及び進捗（達成）状況

プロジェクトマネージャーに NEDO 材料・ナノテクノロジー部 小川 貴弘 主査を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理や、プロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させた。

新構造材料技術研究組合 理事長 岸 輝雄 氏をプロジェクトリーダー、学校法人金沢工業大学 教授 影山 裕史 氏をサブプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施した。実施体制については、別紙を参照のこと。

##### 4. 1 2020 年度委託事業内容

###### 研究開発項目①「マルチマテリアル技術開発」

マルチマテリアルトポロジー最適化を、線形範囲内での動的な応答が考慮可能なように方法論を拡張した。すなわち、モーダル過渡応答解析の考え方のもと、動的特性に最も影響を与える固有振動数および固有モードの適正化を狙ったトポロジー最適設計法の構築と数値実装法の検討を行った。あわせて、プリシステムにおいて動的特性の入力、ポストシステムにおいて固有モード等の表示、システム内において固有値解析を始めとする動的問題の解析ができるように、システムを拡張・構築した。

異種材料の物体領域同士の界面の接合方法の状態をモデル化に必要なパラメータ値を測定した。その測定結果から界面モデルを作成し、簡単なマルチマテリアルトポロジー最適化問題に適用し、方法論の有効性を検討し最適形状を板構造に変換するときの条件を決定した。

###### 研究開発項目②「接合技術開発」

革新アルミニウムと革新鋼板の異材継手、もしくは、その相当材の異材継手を対象に 2019 年度までの知見を活用しつつ、異材抵抗スポット溶接や接着剤併用の現象を明確化することで、アルミニウム-鉄異材接合継手における抵抗スポット溶接技術を構築した。また、異材スポット溶接を実現するための溶接設備のプロトタイプ機を構築するとともに、マルチマテリアル部品提案を想定し、革新鋼板、複層アルミニウム合金もしくはその相当材を用いた模擬部材を試作、評価した。

実用接合装置の仕様検討や品質保証のための摩擦攪拌点接合時のツールの回転速度、侵入深さや回転トルクを計測するプロセスモニタリング技術を開発し、接合可否判断を行う指針を作成した。マルチマテリアルドアの試作検証結果をもとに、構造や成形条件等を最適化した。とアルミの複層構造の要件を明らかにすることを通して、その品質や性能を確認し、ドアの基本構造/材料/工法を決定した。

1. 5GPa 級の超ハイテン同士の TWB 接合に対応したハイブリッド FSW プロセスの開発を行い、25m 以上の長距離接合の実証と接合部品質の安定性を実証した。同時に接合材間のギャ

ップ、狙い位置ずれ、ツール損耗による形状変化が継手特性に及ぼす影響を明らかにした。

1. 5GPa 級超ハイテンを用いた TWB 部材を作製し、プレス成形試験において接合部の健全性を確認した。プレス成型後の接合部の割れの有無、局部変形による厚さの減少を評価し、自動車部品に要求される基準として品質、特性を満足するか判定した。さらに、1. 5GPa 級超ハイテン材の重合わせ接合体の疲労特性評価と破壊起点解析を実施し、1. 5GPa 級超ハイテンを用いたモデルハット TWB 部材を作製した。

両面複動式（フラット）摩擦攪拌接合装置を用いて得られた中高炭素鋼の点接合継手に関し、機械的性質や材料組織の健全性を確認することで当該接合技術の優位性を実証した。両面複動式摩擦攪拌接合装置を用いた接合部の表面及び裏面が共に平坦となる点接合方法に関し、塑性流動挙動をその場観察することで接合メカニズムを解明し、中高炭素鋼に対する接合方法を確立した。

樹脂—金属、CFRTP—金属異種接合の界面構造に関して分子レベルからマイクロメートルレベルに及ぶ広い空間スケールでの解析手法を確立し、接着接合の信頼性・耐久性を検討した。ハイテン鋼を含む鋼材の接合に向けた高じん性高耐熱エポキシ接着剤（28MPa 以上）、及び塗装後接着（アウトプロセス塗装）をターゲットとした低温速硬化変成シリコン系（10MPa、伸び 100%以上）の実用化に向けた検討を行った。

異種材料の複合材パネル製造装置の製作を行い、部材レベルの製造が可能であることを実証した。また、これまでの継手試験結果を踏まえ、レーザ溶着または接着接合による自動車部品を模擬した部材を試作し、性能評価を行った。さらに、選定した継手に対して、継手性状に及ぼす表面性状の影響度を評価した。また、接着接合試験片レベルでの熱伝導率を測定するシステムを構築し、本試料の熱伝導率を測定し、解析結果の検証を行った。本熱伝導率の成果は、接合構造物の熱設計に適用した。各素材の熱・力学的特性、接合における破壊形態を含めた接合信頼性評価マップの作成を行った

各種異材接合プロセスおよび接合条件による接合継手特性（継手強度）の差異を比較・検討するとともに、継手特性に影響を及ぼす因子の抽出を行った。具体的には、アークブレイジング、レーザブレイジング、摩擦攪拌点接合、金属/CFRP 熱圧着接合、抵抗スポット溶接について評価を行った。異材接合過程のインプロセスモニタリングを行うため、高速度ビデオカメラによる表面その場観察により、接合部表面における湯流れの過渡現象や接合部形成過程について明らかにした。

### 研究開発項目③「革新的チタン材の開発」

高強度高被削性合金の開発は、引張強度が現行材より 20%向上した材に関して試作した大型中間素材を用いて 2 次加工材を試作し、構造部材に必要な基本特性（靱性、疲労強度等）を把握した。

高効率チタン薄板製造技術開発は、大型チタン薄板コイルの試作結果より、低コスト製造技術確立のために最適な製造プロセスの検討を行い、現行プロセスと比較しながら、本開発

プロセスにおけるチタン薄板製造のリードタイムを短縮できた。この検討より、強度-延性バランスを向上できるとともに、低コストで製造可能な高機能チタン薄板を製造するために、適正な梱包体の構造および圧延条件を提言できた。チタン電析技術においては、2019年度に引き続き、大型ラボ試験機によって実用化に向けた課題抽出とその対策、及び自動車部品を想定した課題の抽出を行った。

#### 研究開発項目④「革新的アルミニウム材の開発」

ねじり鍛錬加工の大型パイロット装置を用い、本プロジェクトで開発した高強度合金に対し複数の条件でねじり鍛錬を行い、実用化に向けた金属組織、鍛錬加工の効果について検討した。また、有限要素法により解析を行って発熱過程等について調べた。さらにねじり加工鍛錬のメカニズム解明についてメゾスケールからの解明を目指し、顕微鏡下での特性試験やその場観察、シリアルセクション法による微視組織の定量化などを実施している。新たに Al-Mg-Sc 合金の開発を行いソリッド材は Al-1.4Mg-Sc で強度目標を達成しホロー材は Al-2.0Mg-Sc で強度目標を達成した。

ハイアップグレードリサイクル（（鋳物グレードから 99.9%以上））の検討を行った。ハイアップグレード用の適切な電解液（無機・有機イオン液体、深共晶溶媒）や添加剤を中心に、幅広くイオン電導度等基礎的知見を取得した。また、ハイアップグレードのための新しい考え方や技術を探索するための調査を実施した。

複層アルミ合金において、部材特性向上策としての成形性向上の指針を踏まえて、異材接合性の観点も加えた材料設計指針を提示した。

#### 研究開発項目⑤「革新的マグネシウム材の開発」

マグネシウム合金製の気密モックアップ構体の製作過程で抽出した生産工程内の課題に対して、解決策の検討、課題の発生防止策を検討し、屋外暴露含めた検証確認を実施した。長尺の気密疲労モックアップ構体を用いた気密疲労試験を実施した。気密疲労試験の実施期間は約 6 ヶ月を要したが、必要に応じて途中段階の気密疲労強度の確認と溶接部の補強を実施した。規定回数の気密疲労試験を実施した後は構体の気密疲労強度を評価した。

マグネシウム合金（押出材等）継手について、各種溶接法で作製した溶接継手の疲労特性を比較し、溶接法と疲労特性の関係を明らかにした。また、マグネシウム合金継手の耐食性と組織の関係を明らかにした。さらに、自動車用マグネシウム合金展伸材の成形性・耐食性と組織の関係を明らかにした。高速押出合金の素形材としての信頼性向上を図るべく、押出性や機械的特性の維持・安定化を実現する押出形材の製造プロセス技術の高度化を実働機ベースで推進した。

熱弾塑性計算による溶接シミュレーション、X-FEM による長い疲労き裂進展シミュレーションを 2019 年度までに開発した疲労き裂発生計算モジュールと組み合わせることにより、マグネシウム合金継手の疲労性能の予測を行った。運用環境上で、ワークフロー利用者によ

る試用と、MI システムによる入出力パラメータ空間の自動探索を行い、各モジュールのロバスト性と精度に関する情報を得た。これを各モジュール開発者にフィードバックしながら改良を進め、ワークフロー全体の完成度を高めた。

#### 研究開発項目⑥「革新鋼板の開発」

腐食解析技術の開発では、nmオーダーの腐食特性を評価可能な技術を確立すると共に、それぞれの評価技術による評価結果が相互に比較可能となるよう位置共有化技術を開発した。これらにより、異相界面を有する鋼板のミクロな腐食挙動について明らかにできた。また、マクロな腐食挙動について、大気暴露を再現する腐食促進試験条件について検討を継続した。マクロな腐食現象について、開発したミクロな腐食挙動評価技術により組織、環境因子による差異を抽出した。

遅れ破壊（水素脆化）の研究開発では、2019 年度に確立した応力・ひずみ計測技術、水素量評価技術、絞り込んだ遅れ破壊支配因子等を組み合わせて、超高強度薄鋼板の遅れ破壊評価のための基本技術を構築した。

#### 研究開発項目⑦「熱可塑性 CFRP の開発」

LFT-D 成形材およびハイブリッド成形材の静的・動的特性、経時特性および耐環境性データを取得するとともに、理論および数値シミュレーションによる材料特性発現メカニズムおよび破壊メカニズムの解明を行い、材料特性予測の基礎技術を開発した。物性向上を狙ったスクリュによる LFT-D 成形材の物性評価を行うとともに、流動性向上のための方策を盛り込んだ成形トライを行い、目標達成度を検証した。

導入した過熱水蒸気処理炉による航空機 CFRP 廃材および自動車用水素タンク廃材からの CF 回収技術の研究を行った。リサイクル CF および LFT-D 工程内廃材を用いて、既存金型による LFT-D 成形試験を行い、成形性を評価した。

配向繊維束中の繊維配向・繊維長分布等を評価し、カーディング技術の最適化を進め配向繊維束試験片を用いた機械特性測定手法を確立した。長さの異なる配向繊維束試験片を用いた力学試験から、平均的機械特性を抽出するための評価解析技術を開発した。また、多様なリサイクル炭素繊維から作製する繊維配向試料体（中間基材）を用いた界面特性評価解析技術の開発を進めた。

これまでに基盤構築したCFRTP成形技術を用いてルーフの部材設計を行った。またCFRTP /CFRPサンドイッチの形状賦形、プロセス適合を踏まえた材料の最適化の検討を行った。

#### 研究開発項目⑧「革新炭素繊維基盤技術開発」

アクリル繊維ポリマーをベースとする溶剤可溶性かつ完全耐炎化ポリマーにおいて、目標性能（フィラメント径 7 $\mu$ m、弾性率 240GPa、強度 4GPa）を満たす耐炎ポリマーの反応プロセスならびに湿式紡糸技術（3K または 6K）を検討し、フィラメント径 6, 7 $\mu$ m、弾性

率 231GPa を得た。また、コンポジット評価を実施した。

マイクロ波による炭素化プロセス技術においては、マイクロ波による太繊維度前駆体の安定的な炭素化を実現するため、マイクロ波による加熱技術の量産プロセス適用性を評価した。また、この技術に関してもコンポジット評価を実施した。

#### 研究開発項目⑨「戦略・基盤研究」

自動車や航空機などに今後中長期的に求められる構造材料等の在り方を展望した上で、接合技術および個別材料技術の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た。技術動向調査や自動車等輸送機器用構造材料の適用技術の動向調査に加えて、新規材料の実用化・事業化に向けて抽出した課題の方策の調査を行った。

評価ツールは材料の研究開発現場において活用されることを想定し、LCA 手法を詳しくない人でも容易に使うことができるように評価に必要な一連のデータをあらかじめツール上に用意し、使用者が入手可能なデータを入力すれば評価が実行できるようにした。また、表計算ソフトを使用してツールを開発することで使用者が新しいプログラミング言語やソフトウェアの習得なしに操作できるように工夫した。

本プロジェクトで行われている軽量材料技術、異種材料接着・接合技術、材料構造解析・評価技術、材料・製品 LCA 技術などの関連技術開発に関し、関連機関と連携して、データ、知的財産等について、本プロジェクト終了後においても有効な集積・管理・活用方法について基本的計画を策定した。

マルチマテリアル化に伴う異材接触腐食の研究においては、引き続き異材接触腐食評価技術の開発を継続するとともに、再度実車による冬季の異材接触腐食データ取得を実施した。また、異材接触腐食の腐食促進評価方法の検討を継続した。

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では、2019年度に完成させた小型中性子設備の安定稼働、設計能力の達成に向けた整備を行うと共に、開発材料、部材のブラッグエッジ計測を開始した。高性能中性子検出器システムを導入し、ブラッグエッジイメージング技術の高度化を図った。既存の小型中性子装置と連携して、効率的に中性子計測が行えるような方法について検討し事例集の作成を行った。

#### 4. 3 実績推移

	2011年 年度	2012 年度	2013 年度	2014 年度	2015 年度	2016 年度	2017 年度
	委託	委託	委託	委託	委託	委託	委託
実績額 推移 需給勘 定（百 万円）	0 (NEDO)	0 (NEDO)	0 (NEDO)	4,753 (NEDO)	5,851 (NEDO)	3,748 (NEDO)	3,752 (NEDO)
	250 (経済産 業省)	750 (経済産 業省)	4,090 (経済産 業省)				
特許出 願件数 (件)	0	1	4	25	41	22	25
論文発 表数 (報)	0	1	9	117	230	178	275
フォー ラム等 (件)	0	0	0	1	1	1	2

	2018 年度	2019 年度	2020 年度
	委託	委託	委託
実績額 推移 需給勘 定（百 万円）	3,631 (NEDO)	2,950 (NEDO)	3,772 (NEDO)
特許出 願件数 (件)	32	24	3
論文発 表数 (報)	274	237	98
フォー ラム等 (件)	1	0	0

2020年度は12月末まで



## 5. 事業内容

2021年度は、以下の研究開発を実施する。

プロジェクトマネージャーに NEDO 材料・ナノテクノロジー部 小川 貴弘 主査を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・管理や、プロジェクトに求められる技術的成果及び政策的効果を最大化させる。

新構造材料技術研究組合 理事長 岸 輝雄 氏をプロジェクトリーダー、学校法人金沢工業大学 教授 影山 裕史 氏をサブプロジェクトリーダーとし、以下の研究開発を実施する。実施体制については、別紙を参照のこと。

### 5. 1 2021年度委託事業内容

#### 研究開発項目①「マルチマテリアル技術開発」

車体構造適用可能性検討では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。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し最適構造の工学的な妥当性を検証・評価する。

マルチマテリアル実設計への適用を2021年度より実施予定のトポロジー最適化による詳細設計として、2019年度に入手したリバーズデータをもとにリバーズエンジニアリングモデルによる剛性・衝突特性評価とトポロジー最適化のためのデータ抽出を実施する。開発材料・接合方法を適用可能な最適設計法を構築する。

モデル車体の構造設計データより試作部位と製品図面(Aピラー、Bピラー、サスタワー、サイドシル)を決定する。部品化のための部材の製造図面起こしとシミュレーションにて部材の性能(剛性・強度)を予測する。次に、A、Bピラーの試作型および素材の準備を行い、プレス成型工法の選択を行い、部品を試作する。

#### 研究開発項目②「接合技術開発」

革新鋼板について、成形限界線図に代表される実部品への適用時に必要な特性を採取することでデータベースを構築する。また、革新材料の適用候補部品として、ドアインパクトビームでは革新材料と軟鋼もしくはアルミ合金との板組、シャーシでは革新鋼板と超ハイテンとの板組での接合継手の作製とその特性評価を行い、実部品適用時の接合課題の抽出を行う。また、実部品化の可能性検討を進めるために、代表的な骨格部品としてAピラー模擬部品試作を目的とした基礎検討のために金型試作およびプレス試験を実施し、Aピラー模擬部品試作に向けた課題抽出を行う。

実用接合装置の仕様検討や品質保証のためのプロセスモニタリング技術を開発する。また、接合プロセスの生産性向上やコスト削減にも取り組む。2019年度のマルチマテリアルドアの試作検証結果をもとに、構造や成形条件等を最適化する。マルチマテリアルドアの

二次試作評価を通して、その品質や性能を確認し、ドアの基本構造/材料/工法を決定する。

超ハイテン TWB 部材の開発に関しては引張強さ 1.5GPa 級超ハイテンを用いた TWB 部材を作製し、プレス成形試験において接合部の健全性を確立する。ロボット適応制御 FSW による超ハイテン部材アセンブリ技術の開発に関しては接合部強度（厚み 2mm 以下の強度 1.5GPa 級超ハイテン同士）で、母材強度以上を達成しロボット FSW 装置による曲面部材の線接合を実証する。

両面複動式摩擦攪拌接合装置を用いて得られた中高炭素鋼の点接合継手に関し、機械的性質や材料組織の健全性を確認することで当該接合技術の優位性を実証する。開発プロセスを用いて、実用化に資する複雑な断面形状を有する部材での接合を実施し、機械的特性や材料組織の健全性を確認することで当該接合技術の優位性を実証する。両面複動式摩擦攪拌接合装置を用いた接合部の表面及び裏面が共に平坦となる点接合方法に関し、塑性流動挙動をその場観察することで接合メカニズムを解明し、中高炭素鋼に対する接合方法を確立する。

各種異材接合プロセスを対象に、マルチフィジックスモデルによる接合過程の包括シミュレーション技術を確立する。これにより、接合部形成過程を可視化するとともに、接合部各所の温度履歴や面積変化等の定量的な数値データを得る。また、トランスケール解析・評価手法を用いて各種異材接合継手の評価を行い、不均一界面を有す異材接合継手における強度発現機構を解明する。

接着メカニズムの解明では基本的な接着メカニズムの解明を完了し、開発材における分析の実施と、改良へのフィードバックを行う。接着剤の開発では 1) 数分で可搬、接着強度 10MPa、伸び 70%、2) 鋼材の接合で 20MPa、3) 鋼材とアルミの接合で、20MPa 以上、伸び 20%、4) CFRTP の接合で 7MPa 並びにひずみが 70%の速硬化を目指し、接着剤の実用に向けた微調整（ラインでの使用に向けた、粘度や可使時間などの調整）を実施する。

接合における変形・破壊メカニズムの解明、破壊基準の確定から強度予測および耐久性予測を行い、自動車部品を想定した鋼板と CFRP の施工・評価・品質保証を含めた部材接合技術を確立する。

### 研究開発項目③「革新的チタン材の開発」

2020 年度で本研究開発項目は終了した。

### 研究開発項目④「革新的アルミニウム材の開発」

高強度材を製造する際に問題となる熱処理後の残留応力、熱間加工割れなどの生産技術課題を解決し、自動車部品等に適用可能な大型材料（押出材のサイズ規定としてφ95mm 径）

の製造技術を確立する。また、自動車部品（ドアガードバー、サイドシル）の部材を試作する。Sc 添加による溶接構造用革新アルミニウム合金の開発を行う。具体的には引張強さ 250MPa 以上を有し、自動車構造部品として必要とされる中空押出型材の製造が可能な革新 Al-Mg-Sc 合金を開発する。

鋳物級グレードのスクラップをアルミニウム地金以上の純度（99.9%以上）までリサイクルするハイアップグレード技術の開発を無機系イオン液体、有機系イオン液体、深共晶溶媒を用いて行い、電析物の平滑性および電流効率の改善と合金をアノードとした際の不純物除去能力の把握を行う。

#### 研究開発項目⑤「革新的マグネシウム材の開発」

高速車両構体の二次構造部材（パンタグラフ遮音板、床板、内装品等）を軽量化する手段としての利用を検討する。Mg 合金の優れた減衰能を利用した振動抑制効果と遮音性のデータを取得する。

Mg 合金による自動車部品試作、性能評価では自動車フロントフードを製作し、部品としての性能評価を行い、自動車部品として実用化に向けた設計、技術の構築を目指す。Mg 合金の各種信頼性（疲労特性、腐食特性、成形性等）データベースの構築では自動車部材を試作するために必要となるマルチマテリアルデータを企業と共同で取得し、取り纏めを行う。ここでは、部材設計に必要な成形性、腐食特性、接合性等の情報を集約する。

各種寿命予測計算モジュールの開発では難燃性マグネシウム合金溶接継手の疲労寿命を予測するための計算モジュールのプロトタイプを完成させ、その検証を行う。計算モジュールの実験的検証では計算予測モジュールの検証に資する AX41, 81, 92 合金の微小疲労き裂発生・進展データベースを構築する。また、計算予測モジュールの検証及び高精度化を実現する残留応力解析手法を構築する。

#### 研究開発項目⑥「革新鋼板の開発」

革新鋼材の社会実装に向けて、信頼性、生産性に関する研究開発を加速。耐食性、プレス摺動性向上のための評価技術開発を行い、摺動性向上のための X 元素の機能と最適添加量を見極め、工業化の可能性を検討する。

薄鋼板の破壊靱性評価技術開発ではき裂伝ば抵抗曲線解析など、超高強度薄鋼板の水素脆性に適用できる ASTM / ISO を参照した破壊特性（き裂伝ば特性）評価技術を開発する。水素助長き裂伝ば形態の非破壊 3 次元解析技術開発ではラボレベルでの X 線 CT 実験により、き裂 3 次元伝ば形態を非破壊で解析する技術を開発する。

#### 研究開発項目⑦「熱可塑性 CFRP の開発」

LFT-D 成形および設計 CAE 技術の開発では配向度パラメータと力学特性（弾性率）との

強相間を確認場所配向異方物性と構造解析の連成 CAE によるパイロットプログラムを作成し位置・配向・異方物性を考慮した LFT-D 部材の最適設計 CAE 技術を開発する。その場重合ハイブリッド成形技術の開発では T-RTM 連続引抜成形によるフレーク製造技術開発と T-RTM フレーク/LFT-D ハイブリッド成形技術を開発し、マルチマテリアル構造実証を行う。

リサイクル炭素繊維回収技術の開発では新設処理炉の安定稼働を確立し、LFT-D 要件に適合する CF 回収プロセスを開発する。また、回収 CF の評価法開発（繊維強度、界面強度、残渣定量評価）を見極め量産実用システムとして確立する。

配向繊維束複合材料を用いた平均的機械特性評価では配向繊維束に樹脂を含浸させた複合材料を用いた界面特性評価手法を開発する。また、不純物元素分析法の開発では不純物元素の分析法を確立する。

CFRP/CFRTP 複合パネル開発では CFRTP フォーム単体の形状賦形の限界を検証し、ルーフ形状での、軽量性（50%）を実証する。

#### 研究開発項目⑧「革新炭素繊維基盤技術開発」

2020 年度で本研究開発項目は終了した。

#### 研究開発項目⑨「戦略・基盤研究」

材料、部品、自動車や航空機等のメーカーや、全材料を横断的に見渡せる有識者へのヒアリング、内外の技術動向や政策支援の調査、新しい技術の可能性調査 (FS)、基盤研究など、本研究開発の方向性検討に必要な調査を全般的に行い、革新的新構造材料等研究開発の効果的な推進に繋げる。

最近の社会情勢の変化を踏まえて自動車を中心とする輸送機器の事業環境調査を行い、開発した材料・技術を早期に社会実装するための課題を明らかにする。

新材料の材料代替効果の評価手法の構築では新材料の材料代替効果の評価手法を提案する。また、素材ごとのリサイクル性を評価する手法論を確立し、評価に必要な物質フローデータを整備する。2020 年度に開発した、LCA のベータ版を組合員に配布し内部データの確認を行い、サプライヤーとユーザーの立場からの使い方についての指針を得る。

データ等活用拠点として、産総研の 4 部門及び、京都大学、大阪大学、物質・材料研究機構、名古屋大学で先端研究拠点を構築し、データを共有活用できる基盤を整備する。

構造材料解析に最適化した小型装置の開発では大型装置に迫る 0.6%の波長分解能をもつ中性子ビームを用いて、中性子波長 0.4 nm で 20%の検出効率を有する中性子検出器を基礎としたブラッグエッジイメージングの計測を実施し、歪みや金属組織のイメージング情報に変換する。本小型中性子装置で鉄鋼材料中のマイクロ組織や接合材料の応力イメージングが定量的にできることを確立する。

異種材料接合部の腐食機構の解明では模擬的に異種材料接合した電気化学セルおよび実

際に接合された異種材料を用い、これらの試験片に対する腐食モニタリング、塗膜劣化評価の結果から、異種金属接合部の腐食機構を解明する。

実車における腐食実態解析では AI 合金、CFRTP、ハイテンとのマルチマテリアル構造の使用車の腐食実態のデータベースを構築し、計算科学に必要な腐食境界条件を明らかにする。計算科学によるマルチマテリアル接合部のガルバニック腐食シミュレーション技術の開発では非鉄材料 (AI、CFRTP) のハイテンとのガルバニック腐食に係る計算科学によるシミュレーション技術のめどを得る。

## 5. 2 2021 年度事業規模

### 委託事業

需給勘定 2,656 百万円 (継続)

事業規模については、変動があり得る。

## 6. その他重要事項

### (1) 運営・管理

研究開発全体の管理・執行に責任を有する NEDO は、経済産業省及び研究開発実施者と密接な関係を維持しつつ、本事業の目的及び目標に照らして適切な運営管理を実施する。具体的には、必要に応じて、技術推進委員会等における外部有識者の意見を運営管理に反映させる他、随時、プロジェクトの進捗について報告を受けること等により進捗の確認及び管理を行うものとする。また、早期実用化が可能と認められた研究開発については、期間内であっても研究を完了させ、サンプル提供など実用化へ向けた実質的な研究成果の確保と普及に努める。

### (2) 関係省庁の施策との連携体制の構築

文部科学省が実施する「元素戦略プロジェクト<研究拠点形成型>：構造材料領域」の実施体制及び内閣府が実施する「戦略的イノベーション創造プログラム：統合型材料開発システムによるマテリアル革命」の実施体制と緊密に連携するため、各プロジェクトの統括者、主要参加企業、大学等の責任者、所管省庁等の課室長等から構成される連携体制を構築する。当該連携体制では、プロジェクト間の事業計画の調整、成果の共有や取扱いの調整、設備の共有や研究人材交流の促進等について協議を行うものとする。

### (3) 複数年度契約・交付の実施

#### 委託事業

2021～2022年度の複数年度契約で実施する。

### (4) 知財マネジメントにかかる運用

「革新的新構造材料等研究開発」プロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従って事業を実施する。

(5) データマネジメントにかかる運用

「革新的新構造材料等研究開発」プロジェクトにおけるデータマネジメントに係る基本方針」に従って事業を実施する（2018年度以降公募開始テーマのみ）。

7. スケジュール

7. 1 公募について

事業の加速化や効率化を図るため、必要な追加公募等は適宜実施する。

8. 実施方針の改定履歴

(1) 2021年3月、制定

(別紙) 「革新的新構造材料等研究開発」実施体制

