

## 2020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・検討および他の 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、およ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。

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

**【第4期目標（2022年度末）】**

- (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

(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 casting、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・精錬技術と鋳造、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

【第4期目標（2022年度末）】

- ・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

【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  $Fe \leq 2000ppm$ 、 $O \leq 1000ppm$  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。

【第4期目標（2022年度末）】

- ・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

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
- ・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

(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）】

- ・ $AlCl_3$ 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  $1.0\mu\text{m}/\text{min}$  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）】

- ・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

【第4期目標 (2022年度末)】

- ・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

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）】**

- (5-1) 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。

(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）】

(6-1) 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

【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

(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認し、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

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認する。
- (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認する。
- (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認する。
- (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認する。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認し、量産化に繋がる要素技術を確認する。ハイブリッド成形技術を確認するとともに、高速マテハン技術の要素技術を確認する。
- (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認する。
- (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認する。
- (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
  - ・その場合合成補強材と 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
- ・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。

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）】**

- ・ 新規材料の実用化に向けた技術課題の明確化
- ・ 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

**(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。

**【第4期目標（2022年度末）】**

- ・樹脂供給体設計技術の確立
- ・低圧・高速成形の部材形状での成形条件を確立する。

- ・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。

#### 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 齋藤 英紀 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 2019 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」

複数の等方性材料と材料間の界面状態を考慮可能なレベルセット法に基づくトポロジー最適設計法の検討を進め、その検討結果に基づき最適化アルゴリズムを開発しマルチマテリアル、接合面を扱うための基本機能を実装した。併せて、動的システムへの展開方法と、大規模モデルへの対応方法の基礎検討を進めた。また、複数の等方性材料と材料間の界面状態を考慮可能なレベルセット法に基づくトポロジー最適設計法のためのモデル作成、最適化結果の表示・変換を行えるシステムの構築を計画通り完了。

###### 研究開発項目②「接合技術開発」

鉄-アルミニウムの異材接合においては、スポット溶接ならびに新接合の接合メカニズムに基づいた特性向上改善指針を提示した。また、鉄-鉄の同材接合においては接合メカニズムの解明においては計算により高強度、高延性材の溶接継手の引張試験を実施した際の実材料の S-S 曲線付与により CTS への各種影響をシミュレートすることができた。

アルミニウムと CFRP 接合部材のオンライン塗装を想定し、高融点熱可塑 CFRP（芳香族 PA、PPS）への技術展開を図り高融点樹脂の接合強度を大幅に向上させるためのパラメータを把握した。2019 年度末までにアルミニウムと高融点熱可塑 CFRP との点接合で引張せん断強度目標(4kN 以上)と接合時間 5 秒以内を達成した。

高速ハイブリッド FSW による超ハイテン TWB 部材の開発においては、TWB 接合に対応したハイブリッド FSW の適用技術の確立に関して、差厚材、異種鋼材の接合プロセス、継手特性を明確にした。TWB 部材の作製および接合部材評価に関して、1.5GPa 材を対象としてハイブリッド FSW を用いた TWB 部材を試作した。

中高炭素鋼の FSW 接合では 2018 年度に導入した透過 X 線装置によって、攪拌部における流動の可視化を可能とし FSW における各部位の主な役割が明らかとなった。また、継手特性に及ぼす金属組織の影響解明、ツール設計による FSW 特性向上技術の基礎検討、溶接

残留応力の影響解明、摩擦攪拌接合の数値解析技術の開発を行った。

アルミニウム合金/鋼およびアルミニウム合金/CFRP 異材継手に関して、継手強度（マクロ特性）に及ぼす接合プロセス条件の影響を検討し、継手特性に影響を及ぼす因子の抽出を行った。また、異材接合現象のその場観察・直接観察手法として高輝度放射光観察、レーザ超音波計測システムおよび高輝度 X 線透過観察について、その場観察手法の適用性・優位性を評価し基礎的検討を行った。

鋼材接合向け高じん性高耐熱エポキシ接着剤（28MPa 以上）、及び塗装後接着向け低温速硬化変成シリコン系接着剤（10MPa、伸び 100%以上）について、自動車メーカーの意見を踏まえつつ開発を実施した。鋼/アルミニウム接着で 120℃以下で硬化する引張せん断強度 20MPa、伸び 20%以上の接着剤の基本組成の決定を行うことができた。ビスフェノール A 代替で、同等の特性を持った材料の基本組成を決定した。高モジュラス速硬化ウレタン接着剤（プロトタイプ）の各評価結果から最適な諸物性、耐久特性、接着性能を設計に取り入れ開発を行った。

#### 研究開発項目③「革新的チタン材の開発」

引張強度が現行材より 20%向上した材に関する高被削性合金の量産プロセスでの特性を検証するため、大型鋳塊から試作した厚板の被削性および引張・破壊特性を評価した。高強度・高成形性純チタン板の開発では高成形性チタン材のスケールアップ時の特性を検証するため、スケールアップ時の材料・プロセスの制御指針を検討し、強度成形性の評価を行った。

大型試験設備を使って、大型チタン梱包体からチタン薄板コイルを試作し、その特性評価を現行プロセスと比較しながら実施し幅 200mm 以上のチタン薄板コイルを試作した。

チタン電析技術の大型ラボ試験機で、実用化に適用が可能な A4 サイズ、厚み 100 $\mu$ m 作製の検討を進め、工業化時の課題改善を継続して実施し A4 寸法、O $\leq$ 1000ppm、Fe $\leq$ 2000ppm のチタン箔を試作した。

#### 研究開発項目④「革新的アルミニウム材の開発」

マルチマテリアル車体の構成材料である高強度アルミニウム合金において、適切な材料を選定し、この材料を接合するレーザ溶接技術を開発した。また、AlCl<sub>3</sub>・6H<sub>2</sub>O のままでイオン液体を作製し、アルミニウムを高速で電析する技術の開発、および、付随する製造技術の開発を実施した。

電力原単位 9 kWh/kg 以下、不純物濃度 0.1% 以下での連続電析出の操業プロセスの指針を確定できた。特に新電解浴を用い、電析速度 1.0 $\mu$ m /min 以上の指針を確定できた。

複層アルミニウム合金における設計、組織解析・制御技術の開発ではさらなる強度・伸びバランス向上のための合金組成の組み合わせ、クラッド構成の最適化を行なった。さらに、部材特性の向上策として、成形性向上のための複層アルミニウム合金の成形性向上効果を

検証し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」

マグネシウム合金部材の各種接合技術の確立及び鉄道車両構体の製作指針の確立では、気密構体の溶接組立、切断・研削加工、表面処理等を行い、気密構体を製作した。マグネシウム合金部材の MIG 溶接技術の確立においては、長尺部材の MIG 溶接にトライし、MIG 溶接継ぎ手について疲労試験を実施し、疲労強度を把握するとともに、その知見を用いて気密疲労試験構体を設計した。

自動車用大型部品を成形するための基礎技術開発を行う。具体的には、成形条件（温度、荷重、速度、限界形状）の確定を合金ごとに行い、次年度実施する大型部品成形のための基礎データを取得した。

SIP-MI システム 1.0 に開発環境を更新するとともに、MI システム上に本研究プロジェクトのモジュールとワークフローを搭載するための準備作業を行った。

#### 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、侵食イオンと鋼材の相互作用を体現する“腐食電流と浸食形態”の計測、腐食反応抵抗、あるいは、加速因子ともなる“不働態および腐食生成物特性”の解析、イオン化反応の駆動力である“母材電位”の計測技術のすべてにおいて、サブ  $\mu\text{m}\text{-nm}$  オーダーの解析技術獲得をめざし、共通試験片（フェライトパーライト鋼に加え、残留  $\gamma$  含有鋼材）での異相界面腐食特性検証を開始した。その結果、異相組織構造材料における腐食起点検出のための、マルチスケール腐食電位計測技術を構築できた。

遅れ破壊（水素脆化）研究開発では、2018 年度で得られた遅れ破壊現象と影響因子に関する基礎的知見をもとに、より広範囲な条件での各種因子の影響を明確化し、それぞれの影響因子を定量的に評価、計測するとともに、水素脆化割れの限界条件との関係を解明しつつある。

#### 研究開発項目⑦「熱可塑性 CFRP の開発」

LFT-D の残存課題である材料物性、混練プロセス解明、薄板化、CAE、成形反り抑制・安定接合、ハイブリッド補強材賦形性、接合界面非破壊検査 (NDI)、材料の動的・経時特性・長期耐久性、破壊メカニズムの解明に取り組んだ。また、ターボ・ロー干渉計の画像解析技術開発による広域繊維配向測定法開発と破断様相解明につなげることができた。

リサイクル CF 回収の基本プロセスの開発を本格的に開始した。2019 年度は航空機 CFRP 廃材に加え、自動車 CFRP 廃材（水素タンク）からの CF 回収技術の研究を行った。また、リサイクル CF を用いた LFT-D 成形性の評価および LFT-D 工程内廃材の再利用技術の検討を開始した。

#### 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炭化ポリマーにおいて、目標性能（フィラメント径 7 $\mu\text{m}$ 、弾性率 240GPa、強度 4GPa）を満たす耐炭化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）の検討を行い、完全耐炭化繊維を得るための液相耐炭化条件を見出し、CF 単糸直径 7 $\mu\text{m}$  の繊維製造の見通しを得た。また、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前駆体の安定的な炭素化を実現するため、炭素化過程における化学構造変化や電磁気学的な性質変化と機械特性との相関関係を明らかにし内部欠陥の発生抑制によって引張強度が改善できることを確認した。

#### 研究開発項目⑨「戦略・基盤研究」

戦略課題調査研究として、構造材料技術についてテーマ化のための重点調査を行うとともに、2018 年度に引き続き、接合技術と個別課題（材料）に関する研究開発と、自動車等の輸送機器への適用との関係を踏まえた定点観測的な調査を実施した。低圧・超高速 CFRP 成形技術と戦略基盤の中で実施するライフサイクルアセスメント（LCA）とマルチマテリアル信頼性設計技術に関する調査研究（拠点化）に関わる研究の取組を行った。マルチマテリアル化に伴う腐食に関しては、新テーマを立ち上げ異材接触腐食評価技術の開発を開始するとともに、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開始した。

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、大型部品の計測ができる測定室を備えた小型中性子設備を完成させ、本格稼働に向けた整備を行った。既存の大型および小型中性子設備を用いて中性子分析法の更なる高度化を図った。

#### 4. 3 実績推移

	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
	年度	年度	年度	年度	年度	年度	年度	年度	年度
	委託	委託	委託	委託	委託	委託	委託	委託	委託
実績額	0	0	0	4,753	5,851	3,748	3,752	3,631	2,950
推移	(NEDO)	(NEDO)	(NEDO)	(NEDO)	(NEDO)	(NEDO)	(NEDO)	(NEDO)	(NEDO)
需給勘	250	750	4,090						
定（百	(経済産	(経済産	(経済産						
万円)	業省)	業省)	業省)						
特許出									
願件数	0	1	4	25	41	22	25	32	24
(件)									
論文発									
表数	0	1	9	117	230	178	275	274	237
(報)									
フォー									
ラム等	0	0	0	1	1	1	2	1	0
(件)									

#### 5. 事業内容

2020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 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する。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う。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、システムを拡張する。

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する。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する。

## 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する。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、評価する。

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する。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。

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する。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する。

1.2GPa 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する。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する。さらに、1.5GPa 級超ハイテンを用いたモデルハット TWB 部材を作製する。

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。

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・耐久性の実証を可能にする。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）に実用化のための性能を順次付与する。

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する。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、性能評価を行う。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する。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う。本熱伝導率の成果は、接合構造物の熱設計に適用する。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を作成する。

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を抽出する。具体的には、アーク溶接・ブレイジング、レーザ溶接・接合・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う。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する。

#### 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、構造部材として必要な接合体（溶接／結合）の試作とその試作材の基本特性（接合強度、疲労等）を把握する。

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求める。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する。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う。

#### 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する。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る。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行う。

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）に注力する。ハイアップグレード用の適切な電解液（無機・有機イオン液体など）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する。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する。

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する。

#### 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する。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する。気密疲労試験の実施期間は約 6 ヶ月を予定するが、必要に応じて途中段階の気密疲労強度の確認を実施する。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する。

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する。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する。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する。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する。

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う。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る。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る。

#### 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する。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する。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する。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解析を行う。

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する。

#### 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する。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、目標達成度を検証する。

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の CF 回収技術の研究を行う。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、成形性を評価する。

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る。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する。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を開発する。

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う。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う。

#### 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）を確立し、性能の向上した耐炎ポリマーからなる前駆体繊維を焼成し、目標 CF 物性（6K～48K、合糸含む）になることを確認する。また、コンポジット評価を実施する。

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する。また、コンポジット評価を実施する。

#### 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する。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う。

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する。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する。

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する。

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する。  
また、異材接触腐食の腐食促進評価方法の検討を継続する。

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する。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る。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する。

## 5. 2 2020年度事業規模

### 委託事業

需給勘定 3,814百万円（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

2018～2020年度の複数年度契約で実施している。

### (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 本年度のスケジュール：2020年12月下旬・・・公募予告

2021年 1月下旬・・・公募開始

3月上旬・・・公募終了

3月中旬・・・採択審査

3月下旬・・・契約・助成審査委員会

8. 実施方針の改定履歴

(1) 2020年2月、制定

(2) 2020年12月、プロジェクトマネージャーの交代と実施体制の変更、開発成果創出促進制度適用による事業規模の変更、データマネジメントに関する追記、スケジュールの変更に伴う改定

(別紙) 「革新的新構造材料等研究開発」実施体制

