

## 「革新的新構造材料等研究開発」基本計画

材料・ナノテクノロジー部

## 1. 研究開発の目的・目標・内容

## (1) 研究開発の目的

## ①政策的な重要性

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。

自動車の燃費改善に係る課題には、エンジンを始めとした動力機関の効率向上、車両の軽量化、空気抵抗軽減などがある。中でも動力機関の効率向上に向けた研究開発は精力的に取り組み、例えばハイブリッド車の普及に至っているが、これに加えて車両の軽量化もまた、燃費改善効果が高いとされ、重要な取組課題の一つになっている。

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証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。

## ②我が国の状況

我が国で生産している部素材は、全体シェアから見れば大きくはないが、それぞれ高機能を必要とする、自動車用ハイテン鋼や航空機用炭素繊維などの高級部素材に関して、大きなシェアを有している。この強みを生かし、切れ目なく研究を実施する事で、継続して世界をリード出来るよう努める必要がある。

## ③世界の取組状況

EU や米国では、炭素繊維強化樹脂 (Carbon Fiber Reinforced Plastics、以下、「CFRP」という。) やハイテン等の純粋な材料開発とともに、量産化・接合・シミュレーションなど「材料を使いこなすための技術開発」や「(先進材料を用いた) 車両設計に関する技術開発」も目立ち始めていることから、厳しい燃費規制に対応した車両の軽量化技術の開発競争は

今後激化していくことが予想される。

#### ④本事業のねらい

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 CFRP 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。

### （2）研究開発の目標

#### ①アウトプット目標

輸送機器の抜本的な軽量化（自動車の場合は半減）のために、必要な革新的構造材料技術や革新的接合技術及びマルチマテリアル技術を開発する。

研究開発項目は多岐にわたるため、具体的な開発目標は、別紙の研究開発計画に記載する。

#### ②アウトカム目標

現在使用されている輸送機器の原材料を革新的新構造材料に置き換えることで軽量化を図り、2030 年において、373.8 万 t の CO<sub>2</sub> 削減及び 1.2 兆円規模の売り上げが期待される。

#### ③アウトカム目標達成に向けての取組

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構（以下、「NEDO」という。）は、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析・検討するとともに、技術推進委員会や材料使用ユーザーとの連携等を通じて、研究開発の進捗管理や目標の見直しを行うなど、細やかなマネジメントを実行することで、社会ニーズに合った研究開発を推進し、確実な実用化へと繋げる。

### （3）研究開発の内容

上記目標を達成するために以下の研究開発項目について、開発を行う。

それぞれの研究開発項目の具体的な開発内容は、別紙の研究開発計画の通りとする。

#### 【委託事業】

研究開発項目①「マルチマテリアル技術開発」

研究開発項目②「接合技術開発」

研究開発項目③「革新的チタン材の開発」

研究開発項目④「革新的アルミニウム材の開発」

研究開発項目⑤「革新的マグネシウム材の開発」

研究開発項目⑥「革新鋼板の開発」

研究開発項目⑦「熱可塑性 CFRP の開発」

研究開発項目⑧「革新炭素繊維基盤技術開発」

研究開発項目⑨「戦略・基盤研究」

本研究開発は、実用化まで長期間を要するハイリスクな基盤的技術に対して、産官学の複数事業者が互いのノウハウなどを持ち寄り、協調して実施する事業であり、委託事業として実施する。

また、開発成果の社会への浸透を図るため、成果の一部は、開発段階に合わせて順次実用化する。

## 2. 研究開発の実施方式

### (1) 研究開発の実施体制

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を任命して、プロジェクトの進行全体の企画・管理やその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。

本研究開発は、我が国の将来の成長の糧となるイノベーションを創出する未来開拓研究プロジェクトにおいて実施されるものであり、経済産業省が2011年度（研究開発項目⑧）及び2013年度（研究開発項目②～⑦、⑨）に企業、大学等の研究機関（委託先から再委託された研究開発実施者を含む）から公募によって選定し、共同研究契約等を締結する研究体を構築して開始したものである。研究開発項目①のマルチマテリアル技術開発については、研究開発項目⑨において検討していたものであるが、プロジェクト成果を最大化するために特に重要と判断したため、2018年度からは一つの研究開発項目として分離し、実施するものである。

2014年度より NEDO が本研究開発の運営・管理を承継するに当たっては、2013年度までの進捗状況を踏まえて研究開発を実施する。

2013年度の進捗状況を踏まえた研究開発内容・計画及び実施体制の妥当性について、外部有識者による審議を含めた評価を行った上で最適な研究開発体制を構築し、委託して実施する。

なお、各実施者の研究開発能力を最大限に活用し、効率的かつ効果的に研究開発を推進する観点から、NEDO が選定した研究開発責任者（プロジェクトリーダー）新構造材料技術研究組合 理事長 岸 輝雄 氏の下で、各実施者はそれぞれの研究開発テーマを実施する。また、技術動向調査の結果及び各研究テーマの進捗を元とした事業化（出口）を見据えた開発戦略（全体の最終目標達成に向けたテーマ毎の研究開発ロードマップを含む）を構築し、効率的な研究開発・研究成果の実用化を目指す。

研究開発項目③～⑧の個別課題において開発された革新的材料は、①のマルチマテリアル技術開発及び②の接合技術開発と連携し、⑨の戦略・基盤研究における知見も取り入れな

から、速やかに対象部位への適用を図ることで、実用化を促進する。

## (2) 研究開発の運営管理

### ①研究開発の進捗把握・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、全体の最終目標の効率的かつ効果的な研究開発の早期達成のため、(新たな課題の対応も含む) 関連技術や市場の動向を随時把握し、最新の技術や知見を取り込むこととし、毎年度、実施方針に掲げられた研究開発プロジェクトの目標や研究開発の内容を評価し、必要に応じて変更するものとする。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、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。また、共通基盤技術領域については、プロジェクト全体の加速化・高度化・効率化につなげるべく、拠点化を含め、適切な体制の構築により、これに取り組む。

### ②技術分野における動向の把握・分析

NEDO は、プロジェクトで取り組む技術分野について、内外の技術開発動向、政策動向、市場動向等について調査し、技術の普及方策を分析・検討する。なお、調査等を効率的に実施する観点から委託事業として実施する。

### ③ステージゲート方式の実施

研究開発を効率的に推進するため、ステージゲート方式を適用する。NEDO は、経済産業省と密接に連携し、外部有識者による審査を活用し、2016 年度以降の研究開発テーマの継続是非を 2015 年度に決定する。同様に、2017 年度及び 2020 年度にも研究開発テーマの継続是非を判断する。

## 3. 研究開発の実施期間

2014 年度から 2022 年度までの 9 年間とする。但し、研究開発期間を 2014 年度から 2015 年度までの 2 年を第 1 期、2016 年度から 2017 年度までの 2 年を第 2 期、2018 年度から 2020 年度までの 3 年を第 3 期、2021 年度から 2022 年度までの 2 年を第 4 期と区分として実施する。社会情勢等の変化を踏まえ、第 3 期以降の研究開発項目及び目標は、第 2 期の最終年度 (2017 年度) に策定することとする。

なお、研究開発項目②～⑦及び⑨は、2013 年度に、また、研究開発項目⑧は、2011 年度

から 2013 年度に経済産業省で実施し、2014 年度から NEDO が実施する。

#### 4. 評価に関する事項

NEDO は、技術的及び政策的観点から研究開発の意義、目標達成度、成果の技術的意義並びに将来の産業への波及効果等について、外部有識者による評価を実施する。

中間評価については、第 1 期の最終年度（2015 年度）、第 2 期の最終年度（2017 年度）、第 3 期の最終年度（2020 年度）に実施する。事後評価については、第 4 期終了の翌年度（2023 年度）に実施する。第 3 期以降の研究開発項目及び目標は、中間評価結果を踏まえ、2017 年度末に設定し、必要に応じて新たに実施者を公募する。

なお、中間評価結果、内外の研究開発動向、社会・経済情勢の変化、政策動向の変化等を踏まえ、本事業の必要性、目的、目標、研究開発の内容、推進体制等について見直しを行うこととする。特に、研究開発の最終段階にあるものや早期に成果が見込まれるもの、研究開発成果の進捗が芳しくないもの等については、予算の加速や研究開発の前倒し終了などを弾力的に行うこととする。

評価の時期については、研究開発動向、政策動向や当該研究開発の進捗状況等に応じて、前倒しする等、適宜見直すものとする。

#### 5. その他の重要事項

##### （1）研究開発成果の取扱い

##### ①成果の普及

NEDO 及び研究開発実施者は、研究成果を広範に導入・普及するように努めるものとする。

##### ②標準化施策等との連携

得られた研究開発の成果については、標準化施策等との連携を図るため、標準案の提案等を必要に応じて実施する。

##### ③知的財産権の帰属

委託研究開発の成果に関わる知的財産権については、「未来開拓研究プロジェクトにおける知的財産等の取扱いに関する基本的考え方」に基づき、「国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構新エネルギー・産業技術業務方法書」第 25 条の規定等に則り、原則として、すべて委託先に帰属させることとする。

また、推進体制を構成する企業等が相互に連携しつつ、研究開発及び事業化を効果的に推進するために、プロジェクト実施者に、知的財産管理規程、再委託契約書、共同研究契約書等を制定させる。

#### ④知財マネジメントに係る運用

「NEDO 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。

#### (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、設備の共用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。

また、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。

#### (3) 基本計画の変更

NEDO は、研究開発内容の妥当性を確保するため、社会・経済的状況、国内外の研究開発動向、政策動向、評価結果、研究開発費の確保状況、当該研究開発の進捗状況等を総合的に勘案し、達成目標、実施期間、研究開発体制、新規テーマの追加等、基本計画の見直しを弾力的に行うものとする。

#### (4) 根拠法

本プロジェクトは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に基づき実施する。

#### (5) その他

大学の研究者の企業等への出向を容易にするための取組や守秘義務を課した形でのポストドク等のプロジェクトの参加などの本プロジェクトを活用した実践的人材の育成への取組を促すこととする。また、大学側も、これらの取組を促進する方策について検討するものとする。

#### 6. 基本計画の改訂履歴

2014年3月、制定。

2016年2月、中間評価及び技術推進委員会の結果を踏まえ第2期目標を改定。

2018年2月、中間評価及び技術推進委員会の結果を踏まえ第3期、第4期目標を設定。

2019年2月、PMの変更、SIPプログラム第1期終了によるプログラム名変更を反映。

2021年1月、PMの変更、中間評価及び技術推進委員会の結果を踏まえ第4期目標を改定。

## (別紙1) 研究開発計画 (第1期、第2期、第3期、第4期)

### 研究開発項目①「マルチマテリアル技術開発」

#### 1. 研究開発の必要性

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。

#### 2. 研究開発の具体的内容

本研究開発では、これらの課題を解決するために、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、設計ツールを開発する。具体的には、解析対象のモデル化、解析結果の可視化とトポロジー最適化法を連携した解析システムの構築、異材接合を対象としたマルチマテリアル界面評価・モデル化の検討、車体構造適用可能性検討を行い、設計ツールとして完成させ、本プロジェクトの開発材料・接合手法による詳細設計を行い、最終的にマルチマテリアル設計車体の提案を行う。

本研究開発では異種材料の開発成果の集約・連携が重要であるため、連携を促す体制・仕組みを構築し、活動を推進する。具体的には第4期より、各研究開発項目で開発された材料、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て軽量化効果の検証を行う。

#### 3. 達成目標

##### (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. 研究開発の必要性

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で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。

2. 研究開発の具体的内容

本研究開発では、これらの技術課題を解決するため、コスト競争力に優れ、具体的な用途



が想定された革新的接合技術を開発する。具体的には、中高炭素鋼を含む超ハイテン鋼やチタン材といった難接合材の接合、金属／CFRP 間等の異種接合に適用できる革新的な固相摩擦攪拌接合技術や溶融接合技術等を開発する。また、異種接合固有の電食や熱歪みに関する評価技術の開発を行う。第 2 期より異材接合に対応するための構造材料用接着技術の開発を開始する。また、中高炭素鋼／中高炭素鋼接合技術の開発については、共通基盤技術である摩擦攪拌接合について、実用化に向けた研究を加速する。さらに第 3 期・第 4 期においては、コスト競争力に優れ、用途が想定された革新的接合技術を開発する。すなわち、マルチマテリアル設計技術と連携しながら、材料選択に応じた適切な継手性能を発揮する接合プロセスの技術開発とその基盤研究を実施する。

### 3. 達成目標

#### (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又は母材破断
- ・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又は母材破断
- ・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又は母材破断
- ・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又は母材破断
- ・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を向上する手法の確立

【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. 研究開発の必要性

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. 研究開発の具体的内容

本研究開発では、生産性を向上した新規のチタン製錬技術やチタン材加工技術開発（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、連続一貫製造プロセス技術など）を行うとともに、チタン材の構造制御や不純物濃度低減技術等による高機能チタン材の開発を行う。

3. 達成目標

(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
  - ・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
- ・高速高圧下箔圧延技術：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. 研究開発の必要性

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. 研究開発の具体的内容

本研究開発では次世代航空機や自動車等の輸送機器への適用を目指した革新的アルミニウム材の開発を行う。具体的には、アルミニウム材の構造制御技術等を確立することで、強度や延性を向上させた革新的なアルミニウム材を実現する。また、海外メジャー企業並みの低価格を実現できる新規アルミニウム材製造プロセス等の開発を進める。第 2 期よりアルミニウム材を複層化した合金の開発を開始する。

第 3 期後半より、新規アルミニウム材製造プロセスで開発した技術を、リサイクルに適用し新規アップグレードリサイクル技術を開発する。また、自動車用途として耐食性、溶接性に優れる Sc 添加について、その実用性を検証する。

### 3. 達成目標

#### (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  $1.0 \mu\text{m}/\text{min}$  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 合金及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  $\text{CO}_2$  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  $600\text{MPa}$  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  $700\text{MPa}$  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. 研究開発の必要性

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、難燃性と加工性（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。

##### 2. 研究開発の具体的内容

本研究開発では可燃性や難加工性といった欠点を克服するため、マグネシウム材の組織制御により強度や延性、難燃性などの材料特性を向上させたレアアースフリーマグネシウム材の開発を行う。また、大型展伸材を製造するための革新的製造プロセス技術等の開発に加



え、マグネシウム材の特性評価技術開発及び利用のための接合技術開発を併せて行う。さらに、第3期より疲労特性を始めとする長期性能を予測するためMI（マテリアルズ・インテグレーション）システムを適用し、上記性能を予測するためのモジュール及び統合されたワークフローを構築する。

### 3. 達成目標

#### (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及び長期性能評価

**【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となる長期性能(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、実用化に必要となる長期性能(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及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. 研究開発の必要性

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. 研究開発の具体的内容

本研究開発では、レアメタル添加量が極限まで抑えられた次世代中高炭素鋼板の開発を目標とし、鋼板製造工程を精密制御し、レアメタルに代えて鋼材中の既存軽元素が強度や延性などの特性に及ぼす機能を最大限に発現させる技術や、鋼材中の結晶粒微細化・組織制御技術などの各種アプローチの高度化を図る。また同時に、中高炭素鋼開発の加速化に貢献する革新的な解析・評価技術を開発する。具体的には、中性子や放射光、電子線等を用いて、中高炭素鋼中の固溶炭素分布状態や、熱処理や加工プロセスにおける鋼微細組織変態挙動の動的解析技術等を開発する。さらに、第3期より高強度鋼板の異相界面腐食解析及び水素脆化に関する研究開発を開始し、構造用材料としての信頼性の向上を図る。

3. 達成目標

(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及びナノオーダー（ $\mu\text{m}$  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の確立し、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. 研究開発の必要性

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。

##### 2. 研究開発の具体的内容

本研究開発では、これらの課題を解決するため、量産プロセスに適用できるレベルの熱可塑性 CFRP と金属材料との接合技術を開発し、接合部の耐久性等の評価解析技術を確立する。また、熱可塑性 CFRP の中間基材の開発と、その特性に基づいた構造設計、成形加工、性能評価等に係わる技術開発を包括的に実施する。

熱可塑性 CFRP の成形技術では、大型部材の高速成形技術の基盤技術を確立するとともに、多様な高強度・高機能材とのハイブリッド成形技術により、車体構造への適用拡大と実用化を図る。また、熱可塑性 CFRP 材の動的特性、時間依存特性及びその破壊メカニズム解明のための材料特性評価解析技術を開発する。さらに、リサイクル炭素繊維及び革新炭素繊維の適用評価を行い、LCA 上優位な省エネルギー技術を開発する。

##### 3. 達成目標

###### (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力学特性を CAE (Computer Aided Engineering) 解析に適用した予測技術確立し、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 成形性及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、成形流動及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 成形プロセス及び 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 成形性及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、及び 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. 研究開発の必要性

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CO<sub>2</sub>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。

##### 2. 研究開発の具体的内容

本研究開発では、高温長時間の加熱をマイクロ波に代替することなどにより、消費電力及びCO<sub>2</sub>排出量を半減するとともに、製造速度を向上し生産効率を引き上げる炭素繊維製造プロセスの革新を行う。また、炭素繊維の多機能化を目指した異形状炭素繊維の開発と、製造プロセス等に係わる技術開発を実施する。

第3期では、第2期までの成果と知見をもとに、アクリル系繊維用ポリマーベースの耐炎ポリマーの組成最適化を行い、紡糸プロセスの確立を目指す。さらに炭化工程をマイクロ



波に代替する際の温度制御技術を多段化し、炭素化プロセスの革新を行う。

### 3. 達成目標

#### (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 $\mu$ m で、弾性率 240GPa、強度 4GPa 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 235GPa、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. 研究開発の必要性

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。

2. 研究開発の具体的内容

材料、部品、自動車や航空機などのメーカーや、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。また、標準化・規格化活動にも取り組む。

また、本プロジェクトの成果をプロジェクト終了後も活用していくための方策を検討する。

3. 達成目標

(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及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。

(別紙2) 研究開発スケジュール (第1期・第2期)

	2013年度	2014年度	2015年度	2016年度	2017年度
研究開発項目① 「接合技術開発」	(1) チタン／チタン連続接合技術の開発			(1) チタン／チタン連続接合技術の開発	
	(2) 中高炭素鋼／中高炭素鋼接合技術の開発			(2) 中高炭素鋼／中高炭素鋼接合技術の開発	
	(3) 鋼材／アルミニウムの接合技術の開発(スポット接合)			(3) 鋼材／アルミニウムの接合技術の開発(スポット接合)	
	(4) アルミニウム／CFRP接合技術の開発			(4) アルミニウム／CFRP接合技術の開発	
	(5) 鋼材／CFRP等樹脂接合技術の開発			(5) 鋼材／CFRP等樹脂接合技術の開発	
				(6) 構造材料用接着技術の開発	
研究開発項目② 「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			(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	
	(2) チタン材連続一貫製造プロセス技術開発			(2) チタン材連続一貫製造プロセス技術開発	
	(3) チタン新製錬技術開発			(3) チタン新製錬技術開発	
研究開発項目③ 「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			(1) 高強度・高靱性アルミニウム合金の開発	
	(2) アルミニウム材製造電析プロセス技術開発			(2) アルミニウム材製造電析プロセス技術開発	
				(3) 複層アルミ合金の開発	
研究開発項目④ 「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			(1) 易加工性マグネシウム材の開発	
	(2) 高強度マグネシウム材の開発			(2) 高強度マグネシウム材の開発	
	(3) マグネシウム材の評価手法の開発			(3) マグネシウム材の評価手法の開発	
				(4) マグネシウム材の接合技術の開発	
研究開発項目⑤ 「革新鋼板の開発」	(1) 高強度高延性中高炭素鋼の開発			(1) 高強度高延性中高炭素鋼の開発	
	(2) 中高炭素鋼の解析・評価手法の開発			(2) 中高炭素鋼の解析・評価手法の開発	
研究開発項目⑥ 「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			(1) 熱可塑性CFRPと金属材料との接合技術開発	
	(2) 熱可塑性CFRPの開発及び構造設計・加工技術の開発			(2) 熱可塑性CFRPの開発及び構造設計・加工技術の開発	
研究開発項目⑦ 「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			(1) 新規炭素繊維前駆体化合物の開発	
	(2) 炭化構造形成メカニズムの解明			(2) 炭化構造形成メカニズムの解明	
	(3) 炭素繊維の評価手法開発、標準化			(3) 炭素繊維の評価手法開発、標準化	
研究開発項目⑧ 「戦略・基盤研究」	(1) 新構造材料の動向調査・技術・研究戦略			(1) 新構造材料の動向調査・技術・研究戦略	
	(2) 共通基盤技術の調査研究			(2) 共通基盤技術の調査研究	

第1期中間評価

第2期中間評価

(別紙3) 研究開発スケジュール (第3期・第4期)

	2018年度	2019年度	2020年度	2021年度	2022年度
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			(1)マルチマテリアル設計技術開発	
				(1)マルチマテリアルボディの検討・試作	
研究開発項目② 「接合技術開発」	(2)中高炭素鋼/中高炭素鋼接合技術の開発			(2)中高炭素鋼/中高炭素鋼接合技術の開発	
	(3)鋼材/アルミニウムの接合技術の開発(スポット接合)			(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)	
	(4)アルミニウム/CFRP接合技術の開発			(4)アルミニウム/CFRP接合技術の開発	
	(5)鋼材/CFRP等樹脂接合技術の開発			(5)鋼材/CFRP等樹脂接合技術の開発	
	(6)構造材料用接着技術の開発			(6)構造材料用接着技術の開発	
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			(1)製錬・溶	
	(2)チタン材連続一貫製造プロセス技術開発			(2)チタン	
	(3)チタン新製錬技術開発			(3)チタ	
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			(1)高強度・高靱性アルミニウム合金の開発	
	(2)アルミニウム材製造電析プロセス技術開発			(2)アルミニウム材製造電析プロセス技術開発	
	(3)複層アルミ合金の開発			(3)複層	
研究開発項目⑤ 「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)革新的マグネシウム材の開発および長期性能評価	
	(6)マグネシウム製高速車両構体の開発			(6)マグネシウム製高速車両構体の開発	
	(7)マグネシアの性能・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			(7)マグネシアの性能・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	
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			(1)高強度高延性中高炭素鋼の開発	
	(2)中高炭素鋼の解析・評価手法の開発			(2)中高炭素鋼の解析・評価手法の開発	
研究開発項目⑦ 「熱可塑性CFRPの開発」				(2)熱可塑性CFRPの開発及び構造設計・加工技術の開発	
				(3)超軽量CFRP/CFRPハイブリッド部材の開発	
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			(1)新規	
	(2)炭化構造形成メカニズムの解明			(2)炭化	
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			(1)新構造材料の動向調査・技術・研究戦略	
	(2)共通基盤技術の調査研究			(2)共通基盤技術の調査研究	
	(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			(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	
	(4)低圧・超高速CFRP成形技術の開発			(4)低	

第3期中間評価

事後評価