

平成 2 7 年度実施方針

電子・材料・ナノテクノロジー部

1. 件 名 :

(大項目) 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 15 条第 1 項第一号ニ

3. 背景及び目的・目標

エネルギー消費量削減やCO₂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、CO₂総排出量の 20%近くが自動車からの排出であり、今後のCO₂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CO₂排出量の削減、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 期研究開発目標]

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

【第 1 期目標（平成 27 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（平成29年度末）】

- ・接合深さ：10 mm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（平成27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）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（平成29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）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

(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（平成27年度末）】

- ・接合強度：試験片の接合で、JIS-A級（JIS Z3140）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（平成29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

(4) アルミニウム／CFRP 接合技術の開発

【第1期目標（平成27年度末）】

- ・接合強度：試験片の接合で、JIS-A 級（JIS Z3140）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（平成 29 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

(5) 鋼材／CFRP 等樹脂接合技術の開発

【第 1 期目標（平成 27 年度末）】

- ・接合強度：母材破断

【第 2 期目標（平成 29 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

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

【第 1 期目標（平成 27 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（平成 29 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。

(2) チタン材連続一貫製造プロセス技術開発

【第1期目標（平成27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（平成29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確立、量産プロセスへの見通しを得る。

(3) チタン新製錬技術開発

【第1期目標（平成27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（平成29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
- ・精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。

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

【第1期目標（平成27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（平成29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

(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（平成27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（平成29年度末）】

- ・ $AlCl_3$ 系イオン液体の大量合成手法の確立
- ・パイロットプラントによる実証実験

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

【第1期目標（平成27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（平成29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（平成27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（平成29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（平成27年度末）】

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

【第2期目標（平成29年度末）】

- ・既存の難燃性マグネシウム合金を対象として、発火特性、腐食特性に関するデータベース構築

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

【第1期目標（平成27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（平成29年度末）】

- ・レアメタル添加量：10wt%未満
- ・引張強度：1.2GPa 以上
- ・伸び：20%以上

(2) 中高炭素鋼の解析・評価手法の開発

【第1期目標（平成27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（平成29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

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

【第1期目標（平成27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（平成29年度末）】

- ・平成27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（平成27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力学特性を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（平成29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、軽量化及び量産性の検証を行う。

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

【第1期目標（平成27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（平成29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。

（2）炭化構造形成メカニズムの解明

【第1期目標（平成27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。

（3）炭素繊維の評価手法開発、標準化

【第1期目標（平成27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（平成29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⑧「戦略・基盤研究」

（1）新構造材料の動向調査・技術・研究戦略

- ・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

（2）共通基盤技術の調査研究

- ・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

4. 実施内容及び進捗（達成）状況

平成26年度から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とし、以下の研究開発を実施した。

4. 1 平成23年度委託事業内容（経済産業省直執行）

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では、曳糸性に優れる新規前駆体高分子を探索し、候補物質について検討した。湿式紡糸のための溶媒を探索し、溶媒の前駆体高分子溶液から曳糸性の基礎知見を得た。（2）炭化構造形成メカニズムの解明では、耐炎繊維のマイクロ波による炭化挙動に係る基礎知見を得た。また炭化繊維のプラズマによる表面処理に係る基礎知見を得た。（3）炭素繊維の評価手法開発、標準化では、単繊維ねじり試験、単繊維横圧縮試験法に係る基礎的知見を得た。

4. 2 平成24年度委託事業内容（経済産業省直執行）

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では、曳糸性に優れ、炭化収率が高く、耐熱形態安定性に優れた前駆体高分子を検討した。前駆体高分子溶液を用いて、基礎的な紡糸条件（ノズル温度、ノズル形状、巻取速度など）と紡糸挙動との関係を明らかにした。（2）炭化構造形成メカニズムの解明では、炭化メカニズム解析のためのマイクロ波による発熱の挙動の解析を行った。新規前駆体のマイクロ波による炭化挙動に係る基礎知見を得た。さらにマイクロ波により炭化された繊維の構造と繊維力学特性との関係性に係る基礎的知見を得た。またプラズマにより表面処理された炭化繊維の表面構造と繊維力学特性及びコンポジット物性との関係性に係る基礎的知見を調査した。（3）炭素繊維の評価手法開発、標準化では、単繊維の材料力学的特性評価試験方法の素案を検討した。また炭素繊維の繊維軸方向の線熱膨張測定装置開発を推進した。

4. 3 平成25年度委託事業内容（経済産業省直執行）

研究開発項目①「接合技術開発」

チタン／チタン連続接合技術開発では、チタン材のFSW（Friction Stir Welding）用ツールの開発に向けて、Co 基合金ツールの耐久性等に関する知見を得た。中高炭素鋼／中高炭素鋼接合技術開発（スポット接合技術開発、連続接合技術開発）では、鋼材のフリクションスポット接合用にPVDコーティングツールを試作し、点接合回数と磨耗量との関係を調べた。また、連続FSWにおける金属の攪拌・流動状況をX線透過法により直接観察した。鋼材／アルミニウムの接合技術の開発（スポット接合技術）では、鋼板側への表面処理とともに電流値と加圧力を精密制御することで、異材接合が可能であることを示した。アル

ミニウム/CFRP 接合技術開発では、CFRP のマトリックス材として数種類の熱可塑性樹脂を用いた実験を行い、摩擦熱による融着と界面での化学反応が接合機構に関与していることを明らかにした。鋼材/CFRP 等樹脂接合技術開発では、対象材料の物理的・機械的特性を調査し、接合可能で構造部材に供することのできる候補材料とその組み合わせを検討した。

研究開発項目②「革新的チタン材の開発」

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では、現行スポンジチタンを原料として、実験室規模での一貫製造試験方法を確立し、得られた知見より、工業化の際の課題抽出を行った。また、高品質スポンジチタンを高効率に製造するため、ラボ試験において Fe 量を除去するための基礎技術や反応容器との基礎反応についての調査ならびにラボレベルでの検討を行った。チタン材連続一貫製造プロセス技術開発では、製造コストを抜本的に低減すべく、脱酸技術の検討と課題の抽出を行った。さらに、チタン連铸材の板厚低減に向けてモデル実験を実施し、基礎データの把握と課題抽出を行った。チタン新製錬技術開発では、工業展開が可能な低コスト新製錬技術の開発のため、大学等の研究機関が有する技術シーズを選定し、基礎データの収集を行った。

研究開発項目③「革新的アルミニウム材の開発」

高強度・高靱性アルミニウム合金の開発では、次世代航空機や自動車等の輸送機器の更なる軽量化に向けた一層の高強度化を図るため、合金開発に関する文献調査ならびに不純物を軽減するための溶解技術の基礎実験を行った。また、圧延技術の高精度制御を行うための試験圧延機の要求特性を検討した。さらに、特性の異なるアルミニウム合金を積層構造にすることで特性を改善するため、実験室レベルでの積層合金の試作条件の検討を行い、層界面近傍での組織変化を検討した。アルミニウム材製造電析プロセス技術開発では、イオン液体の大量合成を行うための技術調査ならびにイオン液体からアルミニウムを析出させる電析条件の基礎検討を行った。さらに、電析されたアルミニウム中の欠陥発生メカニズムについて調査した。

研究開発項目④「革新的マグネシウム材の開発」

マグネシウムは実用金属中で最も軽く、優れた比強度を有しているが、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。そのため、輸送機器へ応用するためには、耐熱性と加工性に優れたマグネシウムをレアアースフリーで開発する必要がある。易加工性マグネシウム材の開発では、AZX 系ならびに AMX 系マグネシウム合金を対象として高速押出し可能な組成範囲を明らかにする基礎研究を実施した。また、大型ビレットの成形に向けた溶解、鋳造、熱処理の基礎データを収集した。高強度マグネシウム材の開発では、AZX 系マグネシウム合金をベースとしてプロセス条件による押出し材の組織や機械的特性の変化を調べた。マグネシウム材の評価手法の開発では、国内外での難燃性マグネシウム合金

の開発動向を調査するとともに、熱分析技術を用いた発火試験を実施した。さらに、マグネシウム合金の接合技術や表面処理技術に関する情報収集を行い、鉄道車両に応用するための基礎検討を行った。

研究開発項目⑤「革新鋼板の開発」

高強度高延性中高炭素鋼の開発では、結晶粒径などの組織制御プロセスに関するパラメータの検討に着手した。解析・評価手法の開発では、中性子による散乱解析実験を開始した。複層鋼板の開発では、高質層と軟質層の組合せを検討し、試験試料の作製に着手した。

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では、熱可塑性 CFRP と異種材料（鉄鋼、アルミ合金）との機械的接合ならびに接着技術における課題を洗い出し、接合部の耐久性等の評価解析に必要な要素技術を検討した。

(2) 熱可塑性 CFRP の開発及び構造設計・加工技術の開発では、まず構造設計の対象となるモデル部材を選定し、中間基材の形態及び各種の要求物性の設定を行うとともに、成形検討を行って課題を洗い出し、新規中間基材の開発目標設定へフィードバックした。また既存の標準試験規格を熱可塑性 CFRP に適用する際の問題点を洗い出し、ひずみ速度依存性及び環境依存性を考慮した解析材料モデルとそのパラメータを検討して CAE (Computer Aided Engineering) 解析精度の検証を行った。

LFT-D (Long Fiber Thermoplastics-Direct) 成形技術については、成形部材特性に影響を及ぼす要因を特定するとともに、樹脂の耐酸化性が重要因子であることを解明した。また、主に平板を対象としたプレス成形の基礎検討を行うとともに、成形品の各種特性を取得した。LFT-D を用いた補強構造を効率よく成形する金型の概念策定を行い、設計・製作を実施した。また、LFT-D 材同士の接合技術の候補として融着技術を選択し、試行を行った。さらに、LFT-D 材成形体一般部の非破壊検査のノウハウを確立した。

研究開発項目⑦「革新炭素繊維基盤技術開発」

革新的高効率製造プロセス基盤技術開発のうち、(1) 新規炭素繊維前駆体化合物の開発においては、前駆体候補物質の絞り込みの結果、単糸引張試験において、中間目標である引張弾性率 170GPa、破断伸度 1.0% を超える炭素繊維が得られるなど、有望な前駆体繊維を見出した。(2) 炭化構造形成メカニズムの解明では、ポリアクリロニトリル (PAN) 系前駆体を用いた耐炭化系を使用したマイクロ波炭素化実験において、工業炉で炭素化した製品と同等の単糸引張特性を示す炭素繊維の製造に成功した。また同炭素化工程の安定化に必要な技術の検討を行い、シミュレーションによるマイクロ波炭素化過程の解析手法の開発及び同過程中の誘電率等の物性変化の把握を行った。表面処理技術については、目標とする表面特性を極めて短時間で達成できるプラズマ処理技術の開発に成功した。(3) 炭

素繊維の評価手法開発、標準化では、単繊維の横方向圧壊試験、曲げ試験およびねじり試験方法について、試験方法を確立し、試験規格素案を作成した。熱膨張率計測装置は、試作を完了し、より簡便な計測装置の作製に向けて改良を行った。熱可塑性樹脂との界面接着性については、3種類の手法について比較検討を実施した。

(1) 新規炭素繊維前駆体化合物の開発によって、繊維段階での耐炎化処理が不要になることにより、中空糸や異形断面糸、太繊維糸など高性能化・多機能化が容易になることが予測される。革新的高多機能化炭素繊維の開発として、これによる高性能化・多機能化を図った超低比重糸や超高圧縮強度糸等の新たな炭素繊維群の創出を可能とする初期検討を開始した。

研究開発項目⑧「戦略・基盤研究」

新構造材料の動向調査および技術・研究戦略では、接合技術、金属材料（鉄、非鉄）の他、CFRP、セラミックス、高分子材料についての研究・技術動向を調査するとともに、材料および構造の二つの分類に分けて新構造材料の技術・研究戦略の解析を進めた。共通基盤技術の調査研究では、構造材料に関係した共通技術として組織、特性評価、破壊、計測などの重要課題を抽出した。

4. 4 平成 26 年度委託事業内容

研究開発項目①「接合技術開発」

チタン／チタン連続接合技術開発では、変形抵抗が大きい温度域でツールを回転させることができる高出力 FSW 装置の設計指針を明らかにするとともに、ツール量産のための Co 合金のマスターインゴットを試作した。中高炭素鋼／中高炭素鋼接合技術開発（スポット接合技術開発、連続接合技術開発）では、フリクションスポット接合用ツールの耐酸化性、耐摩耗性を確保するため、PVD (Physical Vapor Deposition) コーティング条件等を検討し効果を確認した。抵抗スポット溶接では継手強度を高めるため、多段通電・加圧力制御を検討し条件とナゲット系の関係を把握した。また、摩擦攪拌リニア接合装置を設計・試作した。鋼材／アルミニウムの接合技術の開発（スポット接合技術）では、3枚重ねの点接合における適正溶接条件を検討し溶接機構を把握した。アルミニウム／CFRP 接合技術開発では、いくつかのアルミニウム合金を用い、FSW(連続及び点)による接合条件と継手強度との関係を検討した。また、強化繊維形態が異なる CFRP と接合性について検討し、接合条件を求めることができた。鋼材／CFRP 等樹脂接合技術開発では、鋼材として炭素鋼とステンレス鋼、CFRP 等樹脂材料として熱硬化性樹脂と熱可塑性樹脂を取り上げ、接着・摩擦重ね圧接等による接合試験を行い、継手評価方法を検討した。

研究開発項目②「革新的チタン材の開発」

製錬・溶解・熱延工程を革新的に短縮する高機能チタン薄板製造技術開発では、高効率でチタン薄板を製造するため、現行のスポンジチタンを用いた基本設計指針の確認およびラボ検証を行った。チタン材連続一貫製造プロセス技術開発では、合金元素の影響を含めた予備実験として、脱酸効果の検討と課題の抽出を行った。さらに、スラブ連铸を模擬したモデル実験を行い、基礎データの収集と課題の抽出を行った。チタン新製錬技術開発では、選定した技術シーズ等で鉱石からの効率的な精錬方法を検討するとともに、電析等におけるプロセス条件の影響を検討した。特に、不純物として酸素や鉄の混入を抑える技術を検討した。

研究開発項目③「革新的アルミニウム材の開発」

高強度・高靱性アルミニウム合金の開発では、ベースとなる合金組成を決定するとともに、溶解時の混入ガス量の低減や凝固時の組織微細化技術を開発した。鍛錬技術に応用するため、材料試験により材料特性の変化を系統的に解明した。また、圧延技術および押出技術ではプロセスの最適化を行い、機械的特性の変化を調べた。さらに、引張試験のその場観察を解析し、損傷発展挙動を検討した。また、複層合金での試作条件を検討するとともに、強度差の大きなアルミニウム合金を題材として圧延時の制御方法等の適正化を行った。アルミニウム材製造電析プロセス技術開発では、電析を効率的に行う条件の検討およびイオン液体系の開発を行うとともに、電析されたアルミニウムを回収する技術を開発した。

研究開発項目④「革新的マグネシウム材の開発」

易加工性マグネシウム材の開発では、高速押出し可能で押出し後の時効のみで適度な強度と延性を兼ね備える合金組成を導出するため、機械的特性とマイクロ組織や主要合金成分の影響を調べた。AX系合金をベースに難燃性と機械的特性を両立する高速押出合金を設計し、量産押出機での加工を行った。AZX系およびAMX系難燃性マグネシウム合金 casting材の添加元素量の影響を調べた。高強度マグネシウム材の開発では、铸造時に生じる晶出物や析出物を微細化するとともに、圧延や熱処理による結晶粒微細化技術を検討した。マグネシウム材の評価手法の開発では、難燃性マグネシウム合金の適用状況、適用可能性について情報収集するとともに、熱分析技術を利用した発火温度の測定精度を向上し、主要元素濃度による発火温度の変化を明らかにした。構造体を作製するため、マグネシウム合金の接合技術をアルミニウム合金と比較しながら検討した。さらに難燃性マグネシウム合金の表面処理に関して暴露試験による評価を行った。

研究開発項目⑤「革新鋼板の開発」

高強度高延性中高炭素鋼の開発では、平成 25 年度に検討したプロセス条件と組織の関係付けから得た組織制御指針に基づき、残留 γ を高度に制御した複相鋼や微細なマルテンサイト組織の創製に成功し、いずれも平成 27 年度中間目標である強度 1.2 GPa、伸び 15%を達成した。解析・評価手法の開発では、鉄鋼材料に含まれる炭素の含有量を世界最高精度の 0.01% レベルまで定量的に分析できる装置「FE-EPMA」を開発した。これは、従来の「FE-EPMA」装置に改良を加え、分析精度を 10 倍高め、変態に伴って α - γ 界面に濃縮した炭素の分布測定に成功した。また、結晶方位分布を測定できる SEM-EBSD の高度化として、1,100°C の高温における測定技術を開発し、昇温過程の $\alpha \rightarrow \gamma$ 逆変態の挙動を精緻に捉えることに成功した。また、中性子小角散乱による析出物の定量評価、回折による相同定などの解析技術の開発に着手した。複層鋼板の開発では、軟質相としてのステンレス鋼と硬質相としてのマルテンサイトの複層化試作に成功し、構成比によって応力-ひずみ関係が大きく変化することを明確化した。

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では、熱可塑性 CFRP と異種材料（鉄鋼、アルミ合金）との接合に必要な要素技術のスクリーニングを行い、各種接合方式、接合形状における強度設計に必要なデータベースの構築を開始するとともに、実構造の接合部強度予測精度を $\pm 10\%$ 以下とする接合技術の指針を策定した。

(2) 熱可塑性 CFRP の開発及び構造設計・加工技術の開発では、静的挙動に関わる開発材料固有の材料特性の測定誤差が 10% 以下となる試験法の検討、ならびに特性評価値の CAE 設計パラメータへの適用性の検証を行った。また、開発した中間基材の加熱・加圧・二次加工方法などを検討し、現行数十 MPa のハイサイクル成形圧力を 10MPa 以下とするための周辺要素技術基盤を検討した。LFT-D 成形技術については、平成 25 年度の知見に基づき、LFT-D 装置の混練プロセスの更なる改善を実施するとともに、LFT-D 成形品の部分補強方法の検討、CAE 解析技術開発、ハイブリッド構造を達成するマテハン技術の検討等を行った。LFT-D 部材同士の接合技術について、広汎な技術の検討と試行を行うとともに、一般部の非破壊検査の高速化と、接合部の非破壊検査の基礎検討を行った。

研究開発項目⑦「革新炭素繊維基盤技術開発」

革新的高効率製造プロセス基盤技術開発のうち、(1) 新規炭素繊維前駆体化合物の開発においては、新規前駆体の改良検討を推進し、引張試験において、引張弾性率 217GPa、破断伸び 1.5% を超える炭素繊維が得られるなど、炭素繊維のさらなる性能向上をすすめた。また、新規前駆体の合成方法最適化ならびに品質安定化のための条件検討を実施するとともに、炭素繊維の製造効率向上のための製糸条件の検討を進めた。(2) 炭化構造形成メカ

ニズムの解明では、炭素繊維構造の形成過程と機械特性との相関解明を進めるとともに、マイクロ波による焼成工程の安定化に必要な技術の検証と炭素化条件の最適化を図った。その結果、マイクロ波炭化炉の安定的な運転に目処をつけた。プラズマ表面処理については、均質かつ適正な官能基量の炭素繊維表面を得るため、処理条件の最適化を進めた。(3)炭素繊維の評価手法開発、標準化では平成25年度までに作成した素案に基づき、試験評価法の規格原案作成のための検討を推進するため、強化繊維・複合材料標準化本委員会を設置し、規格化への検討を開始した。界面接着性についての評価手法の検討を進めるとともに、革新炭素繊維／樹脂複合材料の基礎物性評価を開始した。

革新的高多機能化炭素繊維の開発では、新規炭素繊維前駆体化合物の開発進展による耐火化工程の必要のない新たな炭素化工程において、太径単糸などの高多機能化炭素繊維を試験的に製造し、その物性の検証を開始した。

研究開発項目⑧「戦略・基盤研究」

「戦略・基盤研究」では、材料技術ごとの分科会と戦略基盤分科会を開催し、新構造材料の動向調査および技術・研究戦略では、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重要課題を検討した。特に鉄鋼分科会では来年度の新規FSを提案することができた。接合、非鉄の分科会では、今後の共通課題抽出について検討を深めた。共通基盤技術の調査研究では、新構造材料の技術・研究開発を促進する新たな共通基盤技術を調査した。

4. 5 実績推移

	23年度	24年度	25年度	26年度
	委託	委託	委託	委託
実績額推移	0 (NEDO)	0 (NEDO)	0 (NEDO)	
需給勘定 (百万円)	250 (経済産業省)	750 (経済産業省)	4,090 (経済産業省)	4,800 (NEDO)
特許出願件数 (件)	0	1	4	23
論文発表数 (報)	0	1	9	102
フォーラム等 (件)	0	0	0	1

5. 事業内容

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 平成 27 年度委託事業内容

研究開発項目①「接合技術開発」

アルミニウム/CFRP の新規接合技術では CFRP 材として、比重が小さく低コストで自動車部品にも多く使用実績のあるポリプロピレン樹脂や、耐熱性部品などに使用される PPS 樹脂を用いた熱可塑性 CFRP を対象として、良好な継手接合強度が得られる接合条件探索を進める。中高炭素鋼板の接合技術では中高炭素鋼板を抵抗スポット溶接するために適切な通電条件を明確化するとともに、外加圧スポット法によるナゲット径拡大と組合せて目標の継手強度を達成する。また、アークスポット点弧状況モニタリング装置を用いて、アークスポット溶接時のアーク挙動を詳細調査する。さらに平成 26 年度に導入した設備を用いて鉄鋼の FSW プロセスを確立する。接合ツールは種々の材質、形状に関して検討することで、接合施工性と継手健全性の観点から適正プロセス条件範囲を明確化する。

アルミニウム/鋼板の点接合技術では、接合強度の安定化に主眼を置き、実用時にコントロール不可能な誤差因子(部材表面のプレス油付着、板厚や板間隙の変動など)が接合強度バラツキに及ぼす影響を体系的に把握する。鋼材/CFRP 等樹脂接合技術開発では、複合構造部材製作に向けての基本設計と最適部材・継手配置の検討、継手の耐食性確保と検査手法の開発を中心に実施する。チタン/チタン連続接合技術開発では、高剛性の装置開発および最適な接合技術を開発する。鋼/非鉄材料(アルミニウム、チタン、CFRP)の水和物架橋低温接合では、素材表面の前処理方法を検討するとともに、脱水縮合反応を可能とする技術の開発、接合界面の解析を行う。

研究開発項目②「革新的チタン材の開発」

製錬・溶解・熱延工程を革新的に短縮する高機能チタン薄板製造技術開発では、実験室規模での薄板加工が行える程度の大きさを有する前駆成形体を試作し、薄板の気孔率におよぼす展伸条件の影響等を検討する。チタン材連続一貫製造プロセス技術開発では、熱力学的検討等により酸素含有量を 300ppm 以下にする脱酸精錬条件を検討し、効率的な板厚低減方法を検討し、工業的なプロセスとして応用するための課題を抽出する。チタン新製錬技術開発では、前年度に引き続き、Fe 含有量の増加因子を精査し、Fe 除去技術の実証試験を行うとともに、当該技術の工業化に必要な装置の仕様設計を検討する。

研究開発項目③「革新的アルミニウム材の開発」

高強度・高靱性アルミニウム合金の開発では平成 26 年度に決定した合金組成について、必要特性（強度、延性、破壊靱性、耐 SCC 性）を満足する化学成分範囲を明確にする。また平成 26 年度までに得られた脱水素技術および組織微細化技術を実際のプロセスへ展開するため、合金組成を精密に制御しながらアルミニウム合金の鑄塊割れ等を抑制する技術を開発する。同時に、鑄造したアルミニウム合金に対し、材料試験を行って含有水素量や鑄造組織と機械的性質との関係を明らかにする。アルミニウム材製造電析プロセス技術開発では、電析条件の確立（浴組成、通電方法等）、アノード条件の確立（アノード材質、形状、構造）および電析メカニズムの解明を行う。これらの知見をもとに、本技術の実用化・量産化判断の基礎となる小型パイロットプラントによるアルミニウム薄膜の作製を、または条件の明確化を平成 27 年度末までに行う。

研究開発項目④「革新的マグネシウム材の開発」

易加工性マグネシウム材の開発では、DC 鑄造した候補合金の押出し性、時効硬化特性、機械的性質を評価し、候補合金の中から高速押出し可能で好適な強度および延性を兼ね備えた合金を抽出する。その際、適度な強度と延性を具現化するためのプロセス条件の最適化を進める。また、平成 26 年度に導出した組成を主な対象として、押出材の組織と機械的特性の関係の最適化を目指す。さらに、導出した組成の押出材を対象に信頼性（腐食特性、疲労特性等）を評価し、優れた機械的特性及び信頼性を兼備する合金組成を抽出する。これにより、レアアースフリー合金で、中間目標を達成するマグネシウム合金押出材を開発する。高強度マグネシウム材の開発では、平成 26 年度の結果を踏まえ、合金元素の絞込みを行い、圧延加工条件および熱処理条件の適正化とあわせ、中間目標とする機械的特性（引張強さ、伸び）および難燃性を達成する。高強度難燃性マグネシウム合金の押出し成形技術開発では、合金組成を変化させた鑄造ビレットの押出実験及びその前後の合金組織について分析・評価を重点的に実施する。また、製造プロセスを変化させた鑄造ビレットについても同様に押出実験及び分析・評価を実施し、中間目標を満足する合金組成導出を推進する。評価手法の開発では、平成 26 年度までに把握したプロセスパラメータが継手の組織、継手の機械的特性に及ぼす影響を明確にし、施工法の改良でより品質の高い継手を得ることを目指す。さらに、これまでのデータを総括して、TIG 溶接法と FSW 法とで難燃性マグネシウム合金展伸材を接合する基礎技術を確立し、生産に則した施工条件範囲を明確にする。

研究開発項目⑤「革新鋼板の開発」

革新鋼材の開発では、中高炭素鋼板の特性向上のための組織制御指針に則り、平成 26 年

に取り組んだ Fe-C 系での残留 γ 状態制御の知見を活用しながら、理想的な組織実現のための組織制御技術探索を進める。また、平成 27 年度中間目標である稀少元素添加量 10wt% 未満で、引張強度 1200MPa 以上、伸び 15%以上を有する中高炭素鋼を実験室レベルで試作し、応力-ひずみ挙動、等々を評価する。さらに、最終目標に向けた取り組みとして、組織微細化、残留オーステナイトの最適化を実現する成分設計と製造条件を探索する。

研究開発項目⑥「熱可塑性 CFRP の開発」

熱可塑性CFRPの開発及び構造設計・応用加工技術の開発では、平成 27 年度の達成目標としては、①LFT-D要素技術の確立、それに基づくプロジェクト目標達成と物性の目途付け、さらに、②平成 28 年度に予定する技術実証用実車構造部品の接合組立に移行するために必要な、補強材部品の成形技術および接合基礎技術の確立を目指す。

LFT-D要素技術の確立については、これまでの研究を通じて、LFT-Dの力学特性の向上とバラツキの改善が課題であり、そのためには混練体内のCF繊維長分布と分散の改善、及び混練・押出しプロセスにおける最適条件の探索が必須であることが判明した。また特性上限値の見極めのためには、学術研究に基づく理論値の解明とともに、材料組成及び各種の成形パラメータを振って条件と結果の相関データを実験にて取得し、理論値の検証を実施する必要がある。

熱可塑性CFRPの開発及び構造設計・加工基盤技術の開発では、熱可塑性CFRPと金属材料（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。構造設計の対象となる部材について、部材の要求特性を満たしつつ車体の60%軽量化を実現するための、中間基材の製造に係る要素技術を確立する。開発材料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し、特性評価値のCAE解析用パラメータへの適用性を検証する。開発材料の静的及び動的力学特性をCAE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。また、車体構造全体を最適化するシミュレーション技術と構造設計理論の提案を行う。開発材料に適した成形技術開発を行うと共に、成形（流動解析）シミュレーション技術を構築し、繊維配向や形状安定性の予測手法を確立する。

研究開発項目⑦「革新炭素繊維基盤技術開発」

革新的高効率製造プロセス基盤技術開発のうち、(1)新規炭素繊維前駆体化合物の開発においては、炭素繊維のさらなる性能向上のため、新規前駆体の改良検討を推進する。また、新規前駆体の合成方法最適化ならびに品質安定化のための条件検討を実施するとともに、炭素繊維の製造効率向上のための製糸条件等の検討を進め、目標である引張弾性率

235GPa、破断伸度 1.5%を達成する。また、量産化プロセス技術において必要な指標を得るための検討を実施する。(2) 炭化構造形成メカニズムの解明では、炭素繊維構造の形成過程と機械特性との相関解明を進めるとともに、マイクロ波による焼成工程の安定化に必要な技術の検証と炭素化条件の最適化を図る。これにより、目標である引張弾性率 235GPa、破断伸度 1.5%を達成する。プラズマ表面処理については、均質かつ適正な官能基量の炭素繊維表面を得るため、処理条件の最適化を進める。また、工業スケールで連続的な操業性を達成するために必要な指標を得るための検討を開始する。(3) 炭素繊維の評価手法開発、標準化では、試験評価法の規格原案作成のための検討を推進する。界面接着性についての評価手法の検討を進めるとともに、革新炭素繊維／樹脂複合材料の基礎物性評価を実施する。また規格化への推進のため、強化繊維・複合材料標準化本委員会において、規格原案の検討を推進する。

革新的高多機能化炭素繊維の開発では、新規炭素繊維前駆体化合物の開発進展による耐炎化工程の必要のない新たな炭素化工程において、太径単糸などの高多機能化炭素繊維を試験的に製造し、その物性検証を進める。

研究開発項目⑧「戦略・基盤研究」

他プロジェクト（内閣府 SIP）との関係や、所定の目標を達成した個別課題等を考慮し、平成 26 年度の体制は廃止とし、平成 26 年度までの課題の抽出等の結果を踏まえ、編成を再構築し、以下課題を実施する。

戦略課題調査研究として、新構造材料の動向調査を行い、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調査を行う。

また、特に中性子線による構造材料解析技術調査と構造材料接着技術に関する調査研究を戦略課題調査研究として実施する。

また、計測解析評価基盤研究として、構造材料の技術・研究開発を促進する新たな基盤研究を行う。

5. 2 平成 27 年度事業規模

委託事業

需給勘定 5,916 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、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」の実施体制およ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：革新的構造材料」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。

(3) 複数年度契約・交付の実施

委託事業

平成26～27年度の複数年度契約を行う。

(4) 知財マネジメントにかかる運用

「NEDOプロジェクトにおける知財マネジメント基本方針」に従ってプロジェクトを実施する。

7. 実施方針の改定履歴

(1) 平成27年3月、制定

(2) 平成27年3月、⑧戦略・基盤研究での委託先の追加及び新構造材料技術研究組合の再委託先削除・追加による実施体制変更に伴う改訂

(3) 平成27年6月、開発成果創出促進制度適用による事業規模の変更に伴う改訂

(別紙) 「革新的新構造材料等研究開発」実施体制

