

平成 2 9 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 15 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 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。

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）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

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）】

- ・高減衰接着剤の実用組成の決定
- ・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

(6) 構造材料用接着技術の開発

【第2期目標（平成29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

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を確立し、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

- ・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。

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）】

- ・AlCl₃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

(3) 複層アルミ合金の開発

【第2期目標（平成29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

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（平成29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（平成29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。

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：1.5GPa 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認する。
- (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認し、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解析技術を確認する。
- (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認する。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。

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。

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

【第1期目標（平成27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（平成29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

(2) 共通基盤技術の調査研究

【第1期目標（平成27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（平成29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

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 今西 大介 主査を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・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、東京大学 教授 影山 和郎 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。

4. 1 平成 28 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熱硬化性 CFRP を選択し良好な継手接合強度が得られる接合条件を確認した。

中高炭素鋼板の接合技術では外加圧抵抗スポット溶接条件の適正化により、1.5GPa 級革新鋼板 (EL15%) の継手強度 18kN を達成した。また、アークスポット溶接や摩擦接合では革新鋼板での溶接性や継手特性の明確化に着手し、S35C、S45C、S55C の継手強度を比較した。大規模シミュレータを用いてアークスポット溶接部を解析し、溶接金属と母材の引張強度によって溶接残留応力分布が異なることを示した。摩擦点接合技術では高加圧小型軽量装置 (1.5GPa 級鋼用接合ガン) の試作を完了した。

アルミニウム/鋼板の点接合技術では、実部品の JIS-A 級の接合強度を達成し、アルミ/鋼板/鋼板の 3 枚組が接合できる抵抗スポット溶接技術を開発した。

鋼材/CFRP 等樹脂接合技術開発では、継手要素の接合において母材層間剥離強度以上を達成した。接合部の腐食評価手法にも着手し、各材料の自然電位を調べた。また、非破壊検査手法として超音波探傷技術の有効性を示すことができた。

難接合性材料の線接合技術の開発では、チタン材の接合で蓄積した技術をベースに、部材接合に適用できるロボット FSW 装置並びに超ハイテン鋼用の Ni-Ir 合金ツールを試作した。

また、中高炭素鋼の摩擦攪拌接合の技術開発を効果的に進めるため、塑性流動性やミクロ組織などに関する基礎研究を集約し、A1 点(723℃)以下の低温で接合できる線形摩擦接合法を開発した。

研究開発項目②「革新的チタン材の開発」

チタン材連続一貫製造プロセス技術開発では、溶解脱酸技術(酸素濃度 300ppm 以下)を実現する実機プロセスの技術課題の明確化に着手した。脱酸材を使用した場合の引抜溶解工程や希釈溶解工程による副生成物の除去効果を検証し、プロセスフローに目途を得た。チタン薄板製造技術開発では、ラボ試験により梱包体の課題を抽出するとともに工業的に薄板を製造できるプロセスを提案するための最適条件把握を進め、小型梱包体を試作した。高品質スポンジチタン高効率製造プロセス技術の開発では最終目標(不純物低減、工程高速化な

ど)をクリアするための要素技術(自動選別技術や酸素汚染防止技術など)を確立した。2価チタンイオンを含む塩からのチタン電析技術の研究開発を行い膜厚 150 μm 程度のチタン膜を回収することができた。厚さ 1mm 近くまで成長させることができることを実証した。

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、アルミニウム合金鋳造塊における含有水素量の低減ならびに鋳造・鍛造組織の微細化を可能とする鋳造・鍛造法の確立に注力し、ラボ材にて目標性能である引張強度 750MPa、耐力 700MPa 伸び 12%を達成した合金を得た。アルミニウム材技術開発(新製造プロセス)では、安価な合成法探索に着手し、イオン液体を利用したアルミニウム析出技術に可能性を見出した。また、複層アルミニウムの開発では、複層組織を活用した強度と延性バランス向上をめざした組織設計・組織制御の指針を得るため局所領域の評価技術の構築に着手し、板幅 100mm の Al-高 Zn/Al-高 Mg 系クラッド構成と熱処理条件の最適化により、伸びと強度のバランスを向上させることができた。

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、車体向けの材料として引張強度 270MPa 以上で、伸び 20%以上を達成するために、押し出し材の大口径ビレット鋳造プロセスの開発と高速押出材を得るための加工プロセスの開発に着手し、開発合金による 12 インチ大径(ϕ 320mm \times 2.5m \times 2 本)連続鋳造ビレットの量産条件を導出した。高強度マグネシウム材(薄板)では、高強度化(引張強度 360MPa、伸び 15%)のために結晶粒径と析出物の微細化を目指した圧延加工条件及び熱処理条件の選定に着手し、パイロット機を改造し 6 mm厚板材で引張強度 350MPa は達成、伸びが 10%を達成できた。高強度マグネシウム材(押し出し材)の開発では、開発合金 7 インチと 12 インチの長尺ビレットを用いた複雑形状(長さ 12mの車両用部品)の押し出し技術開発に着手し開発合金溶体化熱処理材の適正な押し出し条件範囲について把握し、複雑断面形状、長尺材への展開に向けた製造条件を導出した。耐食技術の開発では、難燃性マグネシウム合金の屋外暴露試験方法と腐食性の関連付けを行い、評価法の最適化を行った。接合技術の開発では、これまでのデータを総括して、MIG、TIG、FSW 等で開発材である難燃性マグネシウム合金展伸材を接合する基礎条件を見出し、生産に則した施工条件範囲を明確にし、継手効率 70%以上を達した。またこれらの開発成果を工業レベルの実製品設計・製造に結びつけるため、高速車両の小型部材(側パネル)の試作を実施した。

研究開発項目⑤「革新鋼板の開発」

革新鋼板の開発では、中高炭素鋼板の最終目標である引張強度 1.5GPa で伸び 20%に向かった開発を行った。手段としては、残留 γ 高度制御革新鋼板の開発では、微小領域の残留 γ の形態、炭素濃度分布の適正化を計り、高延性化と実用特性として伸びフランジ性の兼備を検討し、引張強度 1.52GPa と伸び 17.0%を達成した。また、添加する軽元素量を適切に調整

して、結晶相粒子径を調節した組織制御では、実験室レベルでレアメタル添加量が 10wt%未満で引張強度が 1.5GPa 以上、伸び 15%以上を達成し、微量軽元素による高強度化を確認した。さらに、熱処理方法などのプロセスを適切に制御する方法では、ラボで最終目標特性を概ね達成(引張強度:1.47GPa かつ伸び:19.4%)した。

解析・評価手法の開発では、炭素分析精度を 0.003%まで向上させた。また、複層鋼の γ 相三次元解析を実施、粒界の原子オーダー解析に着手した。

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、LFT-D成型要素技術の開発、大物高速成型技術の開発、大物高速接合技術の開発、意匠性外板製造技術の開発にロボットの導入によるプロセスの安定性、CAE解析による成型シミュレーションを導入し、総合的な開発を行った。3年間の研究を通じLFT-Dの混練プロセスの解明、導入設備間の成型パラメータや成型物の物性の相関を確認し最適成型プロセスの確立に着手し、LFT-D成形プロセス条件と成形品物性の相関データを取得・評価し、最適な成形プロセスの基本条件を把握し設備システムを完成した。大型高速成型技術開発では量産化につながる要素技術の確立を目指しLFT-D構造の品質保証に関するWGで検討を実施した。

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、量産プロセスに適用できる熱可塑性CFRPと金属材料との接合技術、接合部の耐久性等評価解析技術、構造設計・成形加工技術、自動車部材の多様なニーズを満たす材料技術、材料特性の高精度評価方法を用いたCAE用のデータベースの構築、CAE予測技術を鋼材と同等にし、部品点数を大幅に削減することによる大幅軽量化を実現する最適構造設計技術(一体化・トポロジー)の開発に着手し、精度10%を目指した成形シミュレーション技術を開発し、成形加工プロセスの最適化技術を構築できた。

研究開発項目⑦「革新炭素繊維基盤技術開発」

これまでに開発した革新炭素繊維製造技術を踏まえ、優れた機械特性の革新炭素繊維/樹脂複合材料を可能とする高多機能炭素繊維を開発した。(1)新規炭素繊維前駆体化合物の開発では、新規炭素繊維前駆体化合物から異形状炭素繊維を製造し市販 PAN 系炭素繊維と同等の機械特性を有する各種異形状炭素繊維の試作に成功した。(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、マイクロ波による太繊維前駆体繊維の安定的炭素化を可能とする技術を開発し前駆体繊維の太繊維化・異形状化に向けて、照射過程の物質構造変化やシミュレーションを通じ、目的に適合した炉体構造を実現し、炭素化条件を検討できた。(3)炭素繊維の評価手法開発、標準化では、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、ストランド圧縮試験法や積層板の曲げ試験法などの評価手法を開発した。

研究開発項目⑧「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、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、海外自動車企業の市販車開発状況や軽量化国家プロジェクトの進捗についての定点観測的な調査を行った。また、計測解析評価基盤研究として、CFRP や構造材料の諸問題（水素脆化、腐食、構造解析技術、マグネシウム材のマテリアルズインテグレーション）に関する課題を整理した。また、今年度 FS 研究を行った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は本年度で終了し、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と構造材料用接着技術の開発として公募した。熱可塑性 CFRP 部材の製造プロセス最適化の基盤研究を開始し、マイクロモデルに基づく合理的強度評価方法の開発をテーマの中で行った。異種材料接合技術の標準化・規格化の検討を開始した。

4. 2 実績推移

	23 年度	24 年度	25 年度	26 年度	27 年度	28 年度
	委託	委託	委託	委託	委託	委託
実績額推移	0 (NEDO)	0 (NEDO)	0 (NEDO)	4,849 (NEDO)	5,936 (NEDO)	3,709 (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)			
特許出願件数 (件)	0	1	4	25	41	22
論文発表数 (報)	0	1	9	117	230	178
フォーラム等 (件)	0	0	0	1	1	1

5. 事業内容

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 宮本 一夫 主査を任命して、プロジェクトの進行全体を企画・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。

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、東京大学 教授 影山 和郎 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 平成 29 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、接合対象を熱可塑性 CFRP から拡大した熱硬化性 CFRP において、CF/PA6 混練シートなどを使用して適正接合条件の把握を進める。

中高炭素鋼板の接合技術では、外加圧抵抗スポット溶接法に電流制御を併用し、マイクロ組織制御を可能にすることで、1.5GPa 級革新鋼板の継手特性向上を目指す。また、アークスポット溶接や摩擦接合では片側溶接のメリットを活かすため、継手形状を工夫し、さらなる継手性能の向上を狙う。

摩擦攪拌接合用ツールは革新鋼板用として種々の材質、形状に関して検討し、接合性能と継手健全性の観点から適正なプロセス条件範囲を明確化し、共通鋼板を用いたツール損傷評価やツールコーティングの酸化物/窒化物積層膜の膜質、厚さの適正化を図る。また、摩擦点接合技術では高加圧小型軽量装置の制御応答性の改善を図る。

アルミニウム/鋼板の点接合技術では、部品メーカと連携し、クロージャー等への適用研究に着手する。

鋼材/CFRP 等樹脂接合技術開発では、電食防止対策手法の効果を調べるとともに、超音波探傷検査手法の有効性を検討する。難接合性材料の FSW 装置開発では、接合部冷却制御システムの現有設備への組み込みとその評価を行う。

構造材料の接着技術及び接着剤の開発として、引張せん断強度 10MPa 以上を目指した開発と接合部劣化のメカニズム解明に着手する。

また、平成 28 年度に集約した摩擦攪拌接合技術の基礎研究を実施するとともに、重ね摩擦攪拌線接合技術開発と突合せ摩擦攪拌線接合技術開発を進める。

研究開発項目②「革新的チタン材の開発」

チタン材連続一貫製造プロセス技術開発では、脱酸材や雰囲気ガス活用により酸素濃度低減目標値達成を図り、かつスケールアップが可能か検証する。

チタン薄板製造技術開発では、不純物（塩化物）の少ないスポンジチタンの低コスト化と梱包板接合部の強度確保のため、適正な梱包体構造を検討する。高品質スポンジチタン高効率製造プロセス技術の開発では、鉄汚染防止として脱鉄技術の実証試験適用方法を検討、鉄汚染防止膜の成膜条件を探索する。

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、予備鍛錬、圧延プロセス、熱処理を最適化し、最終目標値を達成する。また、量産を視野に入れた圧延プロセス開発では、熱延温度制御が最も重要となるため、まずはラボスケール熱延にて熱延温度制御技術を開発し、大型材最適熱延条件の精査を進める。さらに応力腐食割れ性など航空機材に求められる特性の評

価、改善を進める。

アルミニウム材製造プロセス技術開発では、引き続きイオン液体を利用した安価なアルミニウム合成法の技術確立を図る。

また、複層組織を活用した強度と延性バランス向上をめざした材料開発では、最終目標に向けた取組を前倒しで進めると共に、サンプル大型化、部材特性評価、課題整理を進める。

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、車体向けの材料として引張強度 270MPa 以上で、伸び 20%以上を達成するために、ビレット内部品質の更なる向上を図り溶湯清浄化技術を確立（実機レベル）し、14 インチサイズへの展開を図る。高強度マグネシウム材（薄板）では、パイロット設備で圧延条件最適化を行い強度・伸びの目標を達成する。高強度マグネシウム材（押出材）の開発では、既存合金と比べて押出成形が可能な条件範囲が狭いことを、ダイスパラメーターと潤滑剤の関係性について精査し改善する。耐食技術の開発では、難燃性マグネシウム合金の屋外暴露試験方法と腐食加速試験の関連付けを行い、新規開発合金の腐食性評価に進む。接合技術の開発では、これまでのデータを総括して、開発した難燃性マグネシウム合金展伸材を MIG、TIG、FSW 等の各溶接法で接合する基礎条件を見出し、被接合材料や溶加材が酸化しやすいなどの注意点を考慮した最適接合条件範囲を確立し、開発合金製高速車両簡易モックアップの製作を行う。

研究開発項目⑤「革新鋼板の開発」

革新鋼板の開発では、中高炭素鋼板の最終目標である引張強度 1.5GPa で伸び 20%に向かった開発を行っていく。手段としては、残留 γ 高度制御革新鋼板の開発では、炭素濃度不均一分布及び残留 γ 周囲のベイナイトの結晶学的特徴と、変形時の残留 γ の安定性との関連を明確化する。また、添加する軽元素量を適切に調整し結晶粒子径を調節する方法では、Fe 中の C-軽元素の相互作用を解明し組織制御することで性能目標に近づけていく。さらに、熱処理方法などのプロセスを適切に制御し製造条件を確立し水素脆化特性の評価も行いつつ性能目標に近づけていく。

解析・評価手法の開発では、炭素分析精度の更なる高精度化を目指す。

また、中高炭素鋼における腐食挙動の解析、遅れ破壊（水素脆性）の検討を FS 研究として実施する。

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、物性支配因子の特定、影響度を解明し小型LFT-Dを用いたサンプリング評価を行う。また、成形プロセスの数理モデリングを検証し、条件最適化による物性の向上を図る。LFT-Dの特性評価では力学特性データベースを作成し測定法・試験法標準化を行う。CAE解析技術の開発ではチャージ材料モデル

化（配向度、内部温度）を織り込んだ実用化モデルを改良する。大物LFT-D成形品のハイサイクル成形技術の開発では薄板フルパック小型LFT-D設備の安定稼働を図る。LFT-D成形品同士の高速接合要素技術の開発では熱矯正条件の取得、成形品の反り矯正を図る。

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、量産プロセスに適用できる熱可塑性CFRPと金属材料との接合技術の確立を図るため接合時間1台/分を実現する要素技術及び設計手法の確立を図るとともに、接合部の耐久性等評価解析技術の検討も行う。中間基材では材料特性発現メカニズムを解明し、材料特性の高精度評価方法を開発して、CAE用のデータベース構築のため、動的特性の測定誤差10%以下を狙う。

研究開発項目⑦「革新炭素繊維基盤技術開発」

これまでに開発した革新炭素繊維製造技術を踏まえ、優れた機械特性の革新炭素繊維／樹脂複合材料を可能とする高多機能炭素繊維を開発する。（1）新規炭素繊維前駆体化合物の開発では、異形状炭素繊維を試作し、熱可塑性樹脂との界面特性評価を実施する。（2）炭化構造形成メカニズムの解明では、マイクロ波による太繊維前駆体繊維の炭素化条件を最適化し、市販のPAN系炭素繊維と同等の引張弾性率の新規炭素繊維を試作する。（3）炭素繊維の評価手法開発、標準化では、熱可塑性樹脂と異形状炭素繊維の界面特性について、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」

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、平成28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行う。また、計測解析評価基盤研究として、CFRPや構造材料の諸問題（金属材料の疲労、ライフサイクルアセスメントなど）に関する調査を開始する。本年度からFS研究を行う、マルチマテリアル設計技術に関する研究、Mg材の性能・寿命に関するMI（マテリアルズインテグレーション）活用に関わる研究の取組を開始し、課題を明確化する。また異種材料接合技術の標準化・規格化戦略を立案する。

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を開始し、中性子による構造材料解析技術の開発を進めるとともに、小型中性子源の開発を開始する。

5. 2 平成29年度事業規模

委託事業

需給勘定 3,905百万円（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) 評価の方法

NEDOは技術評価実施規程に基づき、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、外部有識者による研究開発の中間評価を平成29年度に実施する。

(2) 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。

(3) 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：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。

(4) 複数年度契約・交付の実施

委託事業

平成28～29年度の複数年度契約を行う。

(5) 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」に従って事業を実施する。

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。

7. 2 本年度のスケジュール：平成29年12月下旬・・・公募予告

平成30年 1月下旬・・・公募開始

2月下旬・・・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) 平成29年2月、制定

(2) 平成29年6月、研究開発項目の追加による実施体制の変更に伴う改定

(3) 平成29年7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定

(別紙) 「革新的新構造材料等研究開発」実施体制

