

産学共創基礎基盤研究プログラム  
技術テーマ「革新的構造用金属材料創製を目指した  
ヘテロ構造制御に基づく新指導原理の構築」  
追跡評価報告書

## 1. 総合所見

本プログラムは、ヘテロ構造制御に基づき革新的な構造用金属材料の創製のための基盤技術と指導原理の構築に向けた基礎基盤研究を行い、我が国の社会基盤の強化と製造業の国際競争力の維持・強化に資することを旨として、2010年度～2019年度に実施された。研究開発では、産学共創の場などでの議論や意見交換を反映したヘテロ構造制御による高特性発現の基礎基盤研究を実施し、基礎研究の進化・深化とともに実装研究へと歩を進めることを目指した。10年間の本プログラム期間中に各研究課題が2～5年の研究開発を実施するため、研究課題によって終了時期が異なるが、追跡調査を通して各研究課題の現状を把握することができた。

産学共創に基づくヘテロ構造に係わる未解明現象の基礎的解明と産業化に向けた指導原理創出、新計算手法開発、応用・実用研究などの追跡調査結果から、86%の高率で継続研究が行われていること、継続研究の62%はJST、NEDO、JSPS、文科省、経産省、学協会、公益財団などの公的機関から現在実施中のプログラムだけでも約20億円の競争的研究費を得て研究プロジェクトで実施されていること、52%が企業との共同研究を進めていることが確認された。

これらの研究開発成果の継続・発展により、ヘテロ構造制御のコンセプトと高いポテンシャルの特性発現が広く認識され、基礎基盤研究がさらに進化するとともに、産学連携による応用開発研究が進み、日本の構造用金属材料の科学・技術のさらなる発展に大きく貢献していることを高く評価する。本技術テーマの研究期間終了後の各研究課題の研究開発成果は、特許登録37件、特許出願50件、文部大臣表彰や学協会の論文賞・業績賞などの受賞52件、マスコミ報道17件に上っており、学術的にも、社会的・経済的にも、インパクトある成果が創出されているといえる。革新的な構造用金属材料の創製のための基盤技術と指導原理の構築に関する研究開発を進展させ、我が国の製造業の国際競争力の維持・強化に資する成果を上げていると高く評価する。

本プログラム実施時の基礎基盤研究の成果が、上記のような多彩で多額な競争的研究費獲得に繋がり、継続研究でさらなる基礎基盤研究成果の獲得及び企業との連携・共同による社会実装研究、製品化に向けたプロトタイプ・サンプルの作製・評価へと進んでいることは、本プログラムが掲げた産学共創の場での意見や要望を研究計画に反映させて基礎基盤研究を実施し、将来の社会実装に繋げるとの趣旨を具現化していることを証明しているといえる。成功したプログラムと総括される。

プログラム終了後も大きな研究開発の進展を実現できた駆動力は、産学共創の理念・ヘテロ構造制御のコンセプトの共有及び具現化に向けた連携・研究支援システムである。以下では、上記の評価を裏付ける証左として、(1) 研究開発の継続・発展と新たな成果、及び、(2) 成果創出実現の駆動力となった産学共創理念・ヘテロ構造制御コンセプトの共有と具現化

への尽力について纏める。

## (1) 研究開発の継続・発展と新たな成果

本プログラムで実施した研究開発の直接的継続研究 (76%) と派生的に創出された研究成果による研究開発の継続 (10%) が行われており、86% の高率で研究開発が継続されている。継続研究では、本プログラム実施時の研究開発成果を深化、発展させ、以下に示すような様々なステージで大きな成果を得ている。

- ①基礎基盤研究の深化 (独自研究及び企業と共同研究) (◎調和組織材料の高強度と高延性の両立のメカニズム解明、◎異相界面や微細組織加工効果のモデリング計算研究、◎産業界の製造過程の様々な現象解明、◎多元系合金中の短・中距離化学秩序形成数値シミュレーション法の開発と応用、◎鉄鋼材料やアルミニウム合金における水素と破壊の基礎研究、◎耐環境機能高度化研究など)
- ②応用研究 (独自研究及び企業と共同研究) (◎調和材料のプロセス時間短縮大型サンプル作製技術開発、◎圧延による新規加工熱処理プロセス開発研究、◎ヘテロナノ構造導入による非鉄合金の高強度化、◎材料組織制御による摩擦・摩耗高特特性化、◎超々ジュラルミン切削屑の高品位リサイクル技術など)
- ③製品化に向けたプロトタイプ・サンプルの作製 (企業と共同研究) (◎低摩擦化技術の自動車部品への適用、◎線形摩擦接合技術の製品装置部材への応用、◎鉄固溶強化・ $\beta$ 相強化技術の航空機用チタン合金製品化などへの応用、◎鉄固溶強化・ $\beta$ 相強化技術及び圧延技術の食品加工用刃物素材への応用、◎水蒸気を利用したアルミニウム合金への高耐食性表面処理技術の社会実装研究など)
- ④製品化 (企業と共同研究) (◎低温摩擦接合機、◎線形摩擦接合装置、◎自動車部品)

これらの成果による特許登録は 37 件、特許出願は 50 件、受賞は 52 件に上っている。また、創出された研究開発成果は注目と期待を集め、17 件のマスコミ報道がなされている。基礎・応用の両面で材料開発の進化・活性化に貢献し、社会的・経済的にインパクトある成果を創出してきたと高く評価する。

継続研究では、研究開発成果を活かした応用研究の進展、プロトタイプ・サンプルの作製や検証、実用環境での生産検証、製品化など様々な研究フェーズへの進展が確認された。本プログラムが目指した、プログラム実施時に得た基礎基盤研究成果をその後の社会実装研究に資するとした趣旨が実現されている。また、継続研究での基礎基盤研究では、学術的に優れた成果や新たなシーズ発掘に繋がった研究課題も多く、特に、本技術テーマで指導原理解明に大きく貢献した計算科学手法の高度化が進められ、社会実装に必要な応用事例も積み重ねられており、産業競争力の基盤強化への貢献が大きいと評価する。これら成果は、関連学協会の研究部会の活性化・強化に繋がっている点も高く評価できる。

## (2) 成果創出実現の駆動力となった産学共創理念・ヘテロ構造制御コンセプトの共有と具現化への尽力

継続中の研究課題の 52% が企業との共同研究を実施している。その半数以上が、本プロ

グラムの特徴である産学共創の場をきっかけとした共同研究である。産学共創の場が、企業との共同研究を促進し、研究開発フェーズの進展を導いたと評価できる。追跡調査では、基礎基盤研究において、異分野研究者との連携、産業界との意見交換や若手研究者の育成が可能となった研究環境が与えられたことを高く評価する声が多数寄せられている。産学共創の場、採択のプロセス、サイトビジットなどの議論の場で、積極的に、産学共創・連携による基礎基盤研究推進の議論を行って、研究者、PO、アドバイザー、JST が協力・連携して研究開発に反映させるシステムにより、産学共創理念・ヘテロ構造制御コンセプトの共有も研究支援も進んだといえる。その結果、研究開発時に、その後の社会実装に繋がる基礎基盤研究成果を獲得するだけでなく、継続研究に繋がる産学連携の土壌を醸成し、土台を敷くことができた。研究充実の駆動力となったこのシステムの構築と関係者の尽力を高く評価したい。

## 2. 研究開発成果の発展状況や活用状況

本プログラム終了後の研究の継続・発展状況や活用状況は、(1) 研究開発の継続・発展状況、(2) 研究開発資金などに示すように、極めて良好である。全研究課題の 86% の高率で研究課題が継続されており、基礎基盤研究の進化・展開研究、基礎基盤研究から実用化を目指した応用研究・開発研究、さらには生産技術開発から市場投入へと研究フェーズが進展した実用化開発が実施されている。継続研究の 62% は、JST、JSPS、NEDO、文科省、経産省、学協会、公益財団などのプロジェクト研究に採択され、残りは企業との共同研究などで、実施されている。いずれも、研究開発成果をもとに、研究開発を様々なフェーズに進展させ、日本の製造業の発展に資する成果を上げていると高く評価する。

### (1) 研究開発の継続・発展状況

76% を超える研究課題で研究開発が継続されており、さらに約 10% の課題では派生的に創出された研究成果で研究開発が継続されている。このように、86% の高率で研究開発が継続されていること、継続研究の 52% が企業との共同研究を実施していることは、ヘテロ構造制御のコンセプトとそれに基づく高ポテンシャル特性発現機構が基礎的研究テーマとしてもさらに進化を続け、社会実装への期待が高まり、産学連携研究が積極的に展開されていることを示している。

本プログラム終了後も継続中の研究課題の研究資金は、62% が公的競争的研究費であり、残りが企業との共同研究などである。研究開発成果が、JST、JSPS、NEDO、経産省、文科省などのプロジェクトに引き継がれ、研究代表者と主要な研究開発担当者がリーダー、キープレイヤーとして大型のプロジェクト研究を牽引し、発展していると評価できる。

研究開発の技術成熟度をみると、基本原理や技術シーズ確立に関する基礎研究の段階が 52%、プロトタイプ・サンプルの作製や実用環境での生産検証を行う応用研究・開発研究の段階が 36%、少量パイロット生産や生産体制構築を行う実用化開発段階が 8%、さらに製品生産・出荷を行う実運用の段階が 4%と、本プログラムが目的とした基礎基盤研究から実用化段階へと研究フェーズの進展が確認された。産学共創による基礎基盤研究から社会実装へと着実に進展していることが認められる。このように、研究開発成果は継続され、大きく

発展している。

## (2) 研究開発資金など

現在実施中の継続研究では、JST 6 件（未来社会創造事業 1 件、CREST ナノ力学 1 件、さがけナノ力学 2 件、A-STEP 1 件、OPERA 1 件）、JSPS の科研費 16 件（S 1 件、A 3 件、B 4 件、C 1 件、若手研究 1 件、萌芽 3 件、新学術 2 件、二国間交流 1 件）、文科省研究支援 2 件、経産省研究支援 2 件、環境再生保全機構支援 1 件、鉄鋼協会プロジェクト 1 件・研究振興助成 1 件、公益財団研究助成 4 件など多彩な競争的研究費を獲得している。その合計額は約 20 億円である。本プログラム実施時の優れた基礎基盤研究成果が、継続研究で、このような多彩で多額な競争的研究費獲得に繋がり、研究代表者と主要な研究開発担当者がキープレイヤーとして大型のプロジェクトを牽引し、成果を大きく進展させたと認められる。また、企業との共同研究に発展し、企業の自己資金で継続している研究テーマが 27% あり、さらに、共同研究企業が地方自治体のシーズ移転・実証事業費補助金を得て社会実装研究を進めているケースもある。多彩な資金を得て、研究を継続・発展させていることを高く評価する。

## 3. 研究開発成果から生み出された科学技術的、社会的及び経済的な効果・効用及び波及効果

本プログラム実施時に得たヘテロ構造制御に基づく革新的金属材料創製のための新たな指導原理構築を目指した基礎基盤研究の成果をベースにして、プログラム終了後も継続して研究開発を進め、学術的に優れた成果や新たなシーズ発掘に繋がった研究課題は多い。特に、指導原理解明に向けた計算科学手法の高度化と社会実装に多くの成果を得ており、製造業の競争力強化への貢献が大きいと高く評価できる。また、産業界との連携による応用展開が積極的に進められ、プロトタイプ・サンプルの作製や製品化まで進展した研究課題もあり、産業競争力強化に大きく貢献している。このように研究課題毎にそれぞれ特徴ある継続研究を推進している。全研究課題の成果を纏めると、研究開発終了後の特許登録は 37 件、特許出願は 50 件、受賞は 52 件、マスコミ報道 17 件に上っており、社会的にもインパクトある成果が創出されてきたといえる。これら成果は、未解決技術課題の克服、次世代の安全・安心社会インフラや自動車・航空機・船舶の搭載機器などへの実装に向けた材料開発に繋がっており、科学技術の発展及び SDGs やカーボンニュートラルなど人類の目指す社会の実現に向けた学術的・社会的貢献は極めて大きい。以下では、上記の評価を裏付ける証左として、(1) 特徴ある継続研究・活動と貢献（5 例）、(2) 科学技術的貢献、及び、(3) 社会的及び経済的貢献及び波及効果を示す。

### (1) 特徴ある継続研究・活動と貢献（5 例）

①本プログラムでハミルトニアンからの材料強度設計に取り組んだ毛利は、多元系合金中の短・中距離化学秩序形成に関する新しい数値シミュレーション手法を開発し、それを用いて、秩序形成が合金の力学特性に与える影響についての知見を得た。電子状態理論の析出強化や粒界偏析への適用、原子配列と粒界強度の理論、合金単距離秩序構造と変形の新

理論などで、グループ研究者が多くの論文賞や業績表彰を受けるなど、学術的に高い評価を得ている。また、国家プロジェクト SIP の「統合型材料開発システムによるマテリアル革命」においてサブ PD として、計算科学や AI 技術を実際の材料開発に活用できるものにする研究開発をリードしている。

- ②本プログラムで超微細粒組織と粗大粒組織の混合体である調和組織材料の創製と特性発現機構解明に取り組んだ飴山は、高強度と高延性・高靱性の両立や様々な特異な力学特性を解明するとともに、短時間で大型サンプルを作製できる技術を開発した。また、理論・シミュレーションを専門とする下川グループとの共同研究を継続し、調和組織材料の変形機構を解明し、指導原理にまで高めた。1 件の特許を取得、2 件の特許を出願し、企業との共同研究も積極的に推進しており、実用化への進展も順調に進めている。調和組織材料は、日本ビジネススクール・ケース・コンペティションでケース課題に選定されるなど社会的にも興味を集め、注目を浴びている。
- ③本プログラムで鉄鋼材料の A1 点以下の低温摩擦接合技術を確立した藤井は、企業との共同研究を通じて、世界初の A1 点以下での接合を実現した低温摩擦接合機（2020 年）の製品化、国内初の線形摩擦接合(LFW)装置の製品化・販売に至り(2021 年)、自動車部品の実用化（2017 年度、電機メーカー）では 12,000 台/月生産の実績がある。さらに、電機、建設、医療、インフラ、自動車部品などの広範な分野で企業と共同研究に取り組んでいる。研究開発を進展させ、産業力強化に繋がる技術を次々と確立した。特許登録 29 件、特許出願 39 件、受賞 13 件など特筆すべき実績をあげている。これら成果は社会的注目を浴び、14 件のマスコミ報道がなされている。
- ④本プログラムでチタン焼結材の酸素固溶強化・鉄固溶ベータ ( $\beta$ ) 相強化技術開発に取り組んだ近藤は、その成果の航空機用チタン合金への適用に向けて、原料粉末メーカー、素形材メーカー及び輸送用機器メーカーと共同で製品化を目指したプロトタイプ・サンプルの作製・特性評価を行い、企業との共同で 2 件の特許登録を行っている。さらに、酸素や窒素、水素、鉄などの廉価な元素を利用した高強度・高延性チタン粉末合金の開発、不純物を多量に含むチタン廃材の直接原料化による廉価高強度チタン焼結合金開発とその応用に関する企業との共同研究も実施している。本プログラムで開発した基盤技術の実用化に向けた広範な共同研究を展開している。
- ⑤本プログラムで耐食性を向上させる水蒸気利用表面処理技術開発に取り組んだ芹澤は、その成果をアルミニウム合金に適用し、企業との共同研究により製品化を目指したサンプル作製・特性評価を行っている。また、耐食性皮膜の高疲労特性が判明し、別の企業との共同研究も実施中である。さらに、ねじ・金物メーカーなど複数企業と、複雑形状を有するアルミニウム合金部材の表面処理技術に関する共同研究も実施している。本プログラムで開発した基盤技術に派生的成果も加え、実用化に向けて広範な共同研究を発展的に展開している。

## (2) 科学技術的貢献

各研究課題では、研究期間中に得られた成果をベースにして、研究開発終了後の継続研究によって以下のように高いレベルの成果が数多く創出されており、科学技術発展に大きな貢献が認められる。

- ・シンクロトロン放射光イメージング技術と原子レベルの観察結果を忠実に反映したシミュレーションを組み合わせた水素の集積による高強度アルミニウム合金の破壊促進のメカニズムの解明
  - ・超微細粒組織と粗大粒組織で構成されている調和組織材料の高強度と高延性・高靱性の両立や様々な特異な力学特性の解明、異相界面や微細組織加工効果のモデリング・計算方法の開発
  - ・鉄鋼強靱化に繋がる基盤的な内部応力問題解析の進展、体心立方-面心立方逆変態の熱力学と速度論の進展、複合組織の不均一変形・組織形成と力学特性に及ぼす内部応力の効果解明
  - ・圧延による集合組織制御の指針獲得研究の進展
  - ・電子状態の理論の析出強化や粒界偏析への適用、原子配列と粒界強度の理論構築、合金単距離秩序構造と変形の新理論構築
  - ・鉄鋼における応力負荷条件が水素トラップ状態に及ぼす影響と破壊メカニズムの解明進展
  - ・鉄鋼を脆化する悪元素とされてきた水素に、鉄鋼を強く・しなやかにする知られざる一面の発見
  - ・開発したヘテロナノ構造の導入による高強度化手法が、当時対象とした鉄鋼材料だけでなく、非鉄合金でも同様に適用できることを発見、非鉄合金の高性能化研究を開始
  - ・ヘテロ凝固核粒子（本プログラムで開発）を用いることにより、航空機構造部品加工により排出される超々ジュラルミン切削屑のリサイクルが高品位に行えることを証明
- このように極めて重要な新知見を多数獲得し、本プログラム終了後も引き続き極めて高い研究成果を継続的に出し続けていることがわかる。これらの成果は高く評価され、論文賞・業績表彰など計 52 件受賞している。これらの成果は、材料開発研究に活かされ、多くの共同研究に繋がるなど、波及的効果も大きく、将来、産業力強化に繋がる新技術の確立に貢献するものと期待する。

### (3) 社会的及び経済的貢献及び波及効果

研究開発成果をベースに、研究を進化・発展させ、上記の科学技術的知見の獲得に加えて、以下の社会実装に向けた研究開発を展開し、優れた成果を得ている。社会的・経済的な貢献、波及効果も大きい。

- ・伸線パーライト鋼のデラミネーション発生メカニズムに関する鉄鋼メーカーとの共同研究
- ・窒化や窒素を利用した鉄鋼材料の高強度化機構解明の鉄鋼メーカー2社との共同研究・受託研究
- ・低温摩擦接合技術の企業との共同研究、低温摩擦接合機の製品化・販売
- ・国内初の線形摩擦接合(LFW)装置の製品化・販売
- ・接合による自動車部品の実用化・販売
- ・接合に関する電機・建設・医療・インフラ・自動車部品などの広範な分野での企業との共同研究
- ・調和組織材料に関する企業との共同研究

- ・材料組織制御による低摩擦化技術の実用化に向けた自動車部品メーカーとの共同研究・製品化を目指したプロトタイプ・サンプルの作製
- ・材料組織制御による摩擦・摩耗の高特性化に関する熱処理メーカー・鉄鋼メーカーとの共同研究
- ・自動車部品メーカー・潤滑油メーカーへのサンプル・ノウハウ提供
- ・耐食性を向上させる水蒸気利用表面処理技術のアルミニウム合金への適用を目指した企業との共同研究・製品化を目指したサンプル作製・特性評価
- ・耐食性皮膜の高疲労特性の判明による別の企業との共同研究
- ・複雑形状を有するアルミニウム合金部材の表面処理技術に関するねじ・金物メーカーなど複数企業との共同研究
- ・金属材料の耐環境機能高度化（腐食防食、耐食性など）の成果の実用化を見据えた大学内に設置された共同研究部門での共同研究
- ・酸素固溶強化・鉄固溶 $\beta$ 相強化技術の航空用チタン合金への適用に向けた原料粉末・素形材・輸送用機器メーカーとの共同研究による製品化を目指したプロトタイプ・サンプルの作製・特性評価
- ・酸素・窒素・水素・鉄などの廉価な元素を利用した高強度・高延性チタン粉末合金の開発へと展開
- ・不純物を多量に含むチタン廢材の直接原料化による廉価高強度チタン焼結合金開発とその応用に関する企業との共同研究
- ・ヘテロ構造制御法の企業との共同研究
- ・ヘテロ凝固核粒子を用いた鋳造アルミニウム合金の微細化と高強度化に関する複数企業との共同研究

上記のように社会実装に向けた様々なステージで研究開発が進められている。多くの研究課題で、本プログラム実施時の基礎基盤研究から社会実装研究へ進み、社会的・経済的なインパクトと波及効果はより大きくなっている。技術立国日本の産業力強化への貢献の継続・拡大を高く評価する。

#### 4. 研究開発成果に対する制度支援の効果

研究開発成果への制度支援は、本プログラム実施時の (1)産学共創の場、討論・議論の場、サイトビジットなどの設定と運営、(2)研究支援（採択された研究者が研究開発を遂行するための支援）、及び、継続研究における (3)研究開発成果の発展・活用の支援に大別される。

継続研究では、基礎基盤研究の進展により、数多くの新知見、新理論、新計算法、新実験法が得られるとともに、社会実装を目指した産学の共同研究が多数スタートし、多彩な分野で成果をあげてきている。継続研究での大きな発展の駆動力となったのは、プログラム実施時の産学共創の場、討論・議論の場、サイトビジットなどでの、産学共創理念・ヘテロ組織制御コンセプトの共有、情報・意見交換、議論、学協会との協力・連携や、研究遂行支援などにより、本プログラム実施時に次に繋がる優れた研究開発成果を創出できたうえに、社会実装への土壌も形成され、産学共同研究を進められる条件をクリアしていたことである。制度支援は適切に実行され、大きな成果をあげたと高く評価する。以下では、この評価を裏付

ける証左として、追跡調査に基づき、支援制度・活動とそれに対する研究者の反応を記す。

## (1) 産学共創の場、討論・議論の場などの設定と運営

- ①本プログラムの特徴の一つが、全ての実施課題が非公開で最新の研究開発成果を産業界に報告し、研究の方向性を議論する「産学共創の場」の開催であった。企業からの技術的課題、ニーズを幅広く頂き、基礎基盤研究の段階から研究開発に反映させられる機会となり、企業との連携も深まった。本技術テーマの研究期間終了後も、86%の研究課題が研究開発を継続している。また、研究テーマの52%が企業との共同研究であり、その半数以上が、産学共創の場がきっかけとなっている。産学共創の場が共同研究を促進し、基礎基盤研究から実用化に向けた研究開発フェーズの進展に大きく貢献した。
- ②本プログラムでは、革新的構造用金属材料創製のための基盤技術と指導原理構築のための基礎基盤研究を行い、その成果が将来的に材料の実用化に貢献できるよう、産業界と研究者が産学共創の場で意見交換、議論し、その結果を、基礎基盤研究の推進方針に積極的に反映することを目指した。追跡調査では、「企業の方々からニーズ、産業応用について、多くの貴重な意見を頂けた」、「意見交換ができ、有意義だった」、「企業の方々に聞きやすい雰囲気があった」、「企業との連携が深まりスムーズに研究開発できた」との共通した意見・感想が寄せられており、産学共創の場が基礎基盤研究の推進、産学連携に極めて有効であったことが証明された。さらに、「他大学の方々と自由な意見交換や研究者交流ができた、本プログラムとは別の共同研究のきっかけになった」、「全ての研究グループが集まり、お互いを意識することにより切磋琢磨に繋がり、真剣勝負の場であった、アドバイザーとして関わる他プログラムでも、このような場を提供するよう心がけている」との意見もあり、波及的効果も大きいことも明確になった。「産学共創の場」は大きな果実を生み出す場として機能したと認められる。
- ③産学共創の場以外でも、ルーティン的に、(i) 課題採択時のアドバイザー間での議論、(ii) 研究開発時には各研究者の自由な考えを尊重しつつ、こまめなコミュニケーションを実施していた。このような下準備も有効であったと考えられる。また、各研究課題に、産業界の担当アドバイザーを配置したことによって、採択課題の懸案事項などが逐次アドバイザーメンバー間で共有できたことは、活動の停滞や方向修正などを議論する上でも有効であった。

## (2) 研究支援（採択された研究者が研究を遂行するための支援）

- ①本研究開発は新たな視点（産学共創の理念のもとでの新たなヘテロ構造制御コンセプトによる金属構造材料研究）に基づくもので、理念・コンセプトの共有、研究の進めかたの議論・合意は不可欠であった。全関係者（研究者、PO、アドバイザー、JST）の尽力で意見交換が様々な場面で頻繁に行われ、理念・コンセプトを共有でき、研究開発及びその後の継続研究で、ヘテロ構造制御による基礎から応用に繋がる成果を得ていることは、研究者からの回答：「基礎研究をベースにじっくり研究開発に取り組める研究環境が整備されていた」、「研究開発を深められたことで、本プログラム終了後、NEDO プログラムに進められた」、「JST が継続的にプログラム全体を支援したことに対して大いに感謝している」に現れている。全関係者の一丸となった運営尽力を高く評価する。

- ②産業界の担当アドバイザーを個々の研究課題に設置する取り組みが、産業界の視点からのアドバイスだけでなく研究試料の提供など、産学間の対話促進にも繋がり、研究期間終了後の共同研究による産学共創にも貢献している。この点も高く評価する。
- ③PO、アドバイザーのマネジメントについては、「研究内容・方針に関して適切かつ詳細なコメント、アドバイスをいただけたことで、効率的な研究開発を遂行できた」、「研究進捗に応じた研究計画や体制の変更を認めていただき、効率的な運営ができてよかった」、「いただいたアドバイスは、時には厳しくもあり、研究を進めるうえで、大変役にたった」、「頻繁なレポート提出を求められることなく、研究に集中できた」などの意見が寄せられており、丁寧に適切な職務遂行がなされたと評価する。

### (3) 研究開発成果の発展・活用支援

一部の研究課題では、本プログラムの研究期間終了後に JST の他のプログラムに採択されて、研究継続の支援を受けている。また、成果発表の機会や特許出願支援を受けた研究課題もある。追跡調査では、「終了後、JST の他事業に採択されて研究開発を継続できた点は大きな支援だった」、「新技術説明会で発表機会をいただいた」、「外国出願を支援いただいた」など感謝の声が寄せられており、支援効果があったと評価される。一方、「特許については、途中から支援が縮小したのは残念である、継続していただきたい」との声も寄せられている。今後とも、JST には研究加速、成果発表機会の紹介、特許出願・取得などへの支援が期待されている。対応可能な支援については、実施をお願いしたい。

## 5. その他

追跡調査を通して、多くの研究課題が研究開発を継続し、基礎から実装まで様々なステージにあること、それぞれのステージの継続研究でも優れた研究開発成果を創出していることを確認できた。成功したプログラムといえる。

研究者からは喜びの声とともに、あれば良かったと思うこと、これから実施してほしいことなどが寄せられている。これらに関する追跡評価委員のコメントやサジェッションも含め、以下では、(1) 今後に向けて JST での検討を期待していること、(2) 追跡調査終了にあたっての調査委員感想、を纏める。今後の研究プログラムの設定・運営の一助になれば幸いである。

### (1) 今後に向けて JST での検討を期待していること

- ①今回の追跡調査で、あればよかった取り組みや継続研究での体験から JST の検討を期待する取り組みとして、「プログラム実施中でも成果次第で研究加速する資金制度の構築」、「研究開発を継続できる仕組み(制度)の構築」、「成果である技術の成熟を加速させるための研究開発費などの支援」、「成果の発表機会の紹介」、「マッチング企業候補の案内や斡旋など」、「特許出願支援」などが挙げられている。

このような期待が JST に寄せられている原因の一つは、本プログラムの対象となっている構造材料では、他の材料に比して、実用化までの道のりが長い現実に対応するためである。シーズを温め、芽出しをする予算制度、研究の継続を可能とする仕組み、特許支援制

度の充実は大切である。特許支援は、行われてはいるが、規模が縮小されている。例えば、相談窓口と出願窓口に分けて考えることはできないか？ 前者だけでも意義がある。実施中の研究プログラムとの関係、資金の問題、対応体制・対応できるスタッフの有無など、難しい問題はあるが、研究開発を継続できる仕組み（制度）を、JST で検討して規則を成文化し、希望者に応募してもらい、公平に審査するシステムを周知公開して、実施していただければと考える。

- ②長尺なプログラムでのアドバイザー構成のありかたも今後の検討課題ではないだろうか。本プログラムでは10年間同じ体制で継続性のある対応ができ良かったと思う半面、個々の産業界、学界での立場の変化もあり、ある程度の交替も必要かとも振り返る。

## (2) 追跡調査終了にあたっての調査委員の感想・意見

- ①産学共創の場が、継続研究での研究内容の進展や実用化を目指した共同研究の実施に、想像以上に大きな良い影響を与えていることを実感した。(i)大学研究者も企業研究者もこのような場があることにより、大量の情報を得る・共有する、刺激を受ける、話せる・意見交換できる、共同研究の可能性を探れるなど、メリットは大きい。(ii)本プログラム終了後も、企業との共同研究を促進し、基礎基盤研究の実用化へ向けた研究フェーズの進展に大きく貢献している。(iii)本技術テーマで有効性が確認された、異分野の専門家の連携、実験と計算科学手法の融合は今後も不可欠である。現在はコロナ感染症の影響で産学連携が弱体化することが懸念される事態になっていることから、本技術テーマで実施した産学共創の場を今後の他の事業においても取り入れることは、大変意義深い。
- ②日本の研究者数は今後も急増は期待できず、特に金属材料についての今後は危惧される。将来を考えると、本プログラムのような、研究者の繋がりをつくり、個の点から3次元的な繋がりをつくることで世界に勝てる研究体制を構築し、高速で成果を出せる体制構築は重要である。本技術テーマでは、繋がりつくりの好例を示すことができ、10年で、世界をリードできるコアの技術群ができたと考える。
- ③社会実装を意識しすぎない自由な発想に基づいた基礎基盤研究は、現在の産業界がアカデミアに最も期待する点であり、本プログラムのように、国の支援の下アカデミアが推進すべき重要な領域と考える。そうしないと、産業界もアカデミアも国際的に弱体化することが懸念される。

以上