

研究成果展開事業
ー産学共創基礎基盤研究プログラムー
(産学共創)

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」

技術テーマ中間評価用資料

平成 28 年 1 月

1. 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」

(平成 22 年度発足)

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のための基礎基盤研究を行い、今後数十年～百年にわたる我が国の社会基盤の強化と、製造業の国際競争力の維持・強化に資する成果を得ることを目指している。

本技術テーマでは、金属材料中の様々な不均一性（ヘテロ構造）を積極的に利用することを考える。そして、強度、延性、靱性、加工性、耐環境性など、構造用金属材料に要請される諸性質の飛躍的な改善、さらには、従来は両立が困難であった複数の機能を同時に向上させるような革新的な材料設計・開発思想を確立することを目指す。今までの金属学、材料工学の知識の延長線上での取り組みを超えた新たな学術的、技術的な指導原理を構築できる独創的な基礎基盤研究を推進する。また、これらの成果が将来的に材料の実用化に貢献できるよう、産業界と研究者との意見交換（「産学共創の場」）の結果を基礎基盤研究の推進方針に積極的に反映していく。

2. プログラムオフィサー (P0)

加藤 雅治

(東京工業大学 教授)

3. 採択課題

採択年度	研究代表者名	中間・事後評価時の所属及び役職	研究課題名
H22	飴山 恵	立命館大学 工学部 教授	調和組織制御による革新的力学特性を有する金属材料の創製とその特性発現機構の解明
H22	木村 勇次	物質材料研究機構 元素戦略材料センター 主幹研究員	フェールセーフ機能を付与した強くて壊れにくい超微細繊維状結晶粒鋼の力学特性解明
H22	里 達雄	東京工業大学 理工学研究科 教授	鉄を活用した新規ナノヘテロ構造アルミニウム合金の創製と3D構造解析
H22	下川 智嗣	金沢大学 理工研究域 教授	材料科学と固体力学の融合によるヘテロナノ構造金属における高強度・高靱性両立の指導原理確立
H22	瀬沼 武秀	岡山大学 自然科学研究科 教授	超微細マルテンサイト相を母相としたヘテロ組織の創成とその特性の解明（相反する複数特性を満足する超高強度鉄鋼部材製造の基礎基盤研究）
H22	土山 聡宏	九州大学 工学研究院 准教授	高強度鋼板の塑性変形に伴う軟質分散粒子のヘテロ→ホモ構造変化の有用性評価
H22	藤井 英俊	大阪大学 接合科学研究所 教授	摩擦攪拌現象を用いたインプロセス組織制御によるマクロヘテロ構造体化技術の確立
H22	毛利 哲夫	東北大学 金属材料研究所 教授	ハミルトニアンからの材料強度設計
H22	柳本 潤	東京大学 生産技術研究所 教授	幅拘束大圧下制御圧延による易成形高強度バイモーダル薄鋼板の製造基盤研究
H23	鳥塚 史郎	兵庫県立大学 工学研究科 教授	10000GPa%J高強度・高延性・高靱性鋼を実現できる5%Mn組成を利用した超微細ヘテロ変態組織の生成とその機構解明
H23	廣澤 渉一	横浜国立大学 工学研究院 教授	超微細粒強化と時効析出強化を並立させる新規アルミニウム合金展伸材の開発とその合金設計指導原理の確立
H23	武藤 泉	東北大学 教授 工学研究科 教授	鋼/介在物ヘテロ界面のマикро電気化学特性解明と界面ナノ構造制御による高耐食化原理の導出
H26	津崎 兼彰	九州大学 工学研究院 教授	鉄鋼における水素/マルテンサイト変態相互作用の定量的・理論的解明と水素利用材料の創製 ～利用可能な新固溶元素獲得を目指して～
H26	戸田 裕之	九州大学 工学研究院 教授	水素分配制御によるアルミニウム合金の力学特性最適化
H26	三浦 博己	豊橋技術科学大学 工学研究科 教授	オーステナイト鋼への単純強圧延によるヘテロナノ構造の付与と超高強度化の実現
H27	佐藤 英一	宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所 教授	協調的粒界すべりのすべり群サイズの決定機構（超塑性変形速度向上の指導原理）の解明
H27	戸高 義一	豊橋技術科学大学 工学研究科 准教授	「鋼材/潤滑油」界面における機能性ヘテロナノ構造制御に基づく転動疲労高特性化のための指導原理の確立
H27	安田 秀幸	京都大学 工学研究科 教授	鉄鋼材料の凝固過程におけるマッシュ的変態の解明と新しい凝固・ casting原理の構築

4. 技術テーマのねらい（目標）

本技術テーマ（以下、「ヘテロ構造制御」ともいう）では、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のための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・強化に資する成果を得ることを目指している。

構造用金属材料に関する開発および製造技術では、我が国が世界的に見て最先端を走っているが、新興国の追い上げは極めて急速である。もし我が国の優位性が失われるようなことがあれば、材料産業のみならず、材料産業がベースとなっている製造業の衰退が進み、日本経済が危機的な状況を迎えることにもなりかねない。このような事態を避けるためには、革新的な材料の開発と製造技術に、産学の英知を結集して戦略的に取り組む必要がある。

現在の構造用材料の開発においては、単一かつ均一な相や組織を持った材料を対象にすることは非常に稀で、高度の性能や性質を得るために複数かつ不均一の相や組織で構成されている材料を考えることが圧倒的に多い。たとえば、材料の表面近傍と内部で構成相や化学組成を意図的に変化させた傾斜機能化によって、優れた耐環境性と力学特性の両立が図られている。また、軟質相と硬質相の2相からなる DP (Dual Phase) 鋼や相変態を利用した TRIP (Transformation Induced Plasticity) 鋼など、強度と延性の双方に優れた性能を持つ材料も開発されている。一方、種々の高密度な格子欠陥を不均一に含む超微細結晶粒材料は、常識を超えた特異な力学的性質を示すことが明らかになってきている。さらには、鉄とアルミニウムのような異種金属の接合が、新しい溶接・接合技術によって可能になってきており、構造用金属材料に限っても、今までにはなかった新規材料の創製、開発が期待されている。

以上のような現状を鑑みて、本「ヘテロ構造制御」技術テーマでは、金属材料中の様々な不均一性（ヘテロ構造）を取り扱い、それを積極的に利用することを考えた。そして、強度、延性、靱性、加工性、耐環境性など、構造用金属材料に要請される諸性質の飛躍的な改善、さらには、従来は両立が困難であった複数の機能を同時に向上させるような革新的な材料設計・開発思想の確立を目指すことにした。すなわち、今までの金属学、材料工学の知識の延長線上での取り組みを超えた新たな学術的、技術的な指導原理を構築できる独創的な基礎基盤研究を推進することにした。

対象とする研究は、大学などによる基礎基盤研究であり、応用研究・製品化研究ではないが、将来的には研究成果を産業界が活用できるように、研究の遂行中に「産」と「学」とが密接に意見交換を行える「産学共創の場」というプラットフォームを設置し、各研究者には、「産」からの要請を取り入れながら、研究を進めていただく。

本技術テーマでは各種の「産学共創の場」を実行中である。本技術テーマの提案者は日本鉄鋼協会、日本アルミニウム協会、日本チタン協会に属する企業の技術者・研究者であるが、彼らと全ての研究課題の研究者が一堂に会して、研究発表や意見交換を行う大規模かつ事前登録者のみによる閉じた産学共創の場、個々の研究課題に対して産業界との情報交換や意見交換を随時行う小規模の産学共創の場、学会の講演大会時を利用したオープンで誰でもが参加できるシンポジウム形式の産学共創の場、アドバイザーと PO のみで各研究現場を訪問して研究進捗状況を知り、設備等の見学も行うミニ産学共創の場（サイトビジット）などがある。これらを有効に活用しながら技術テーマを推進している。

なお、本プログラムでは、研究を通じての人材育成にも力を入れている。次世代を担う優秀な中堅・若手が構造用金属材料分野で順調に育たない限り、この分野の将来にわたる大きな発展は望めない。中堅・若手研究者にとって、本技術テーマでの研究が飛躍の契機となってほしいと願いつつ、サポートしている。

5. 研究課題の選考について

平成 21 年度の本プログラムの開始以来、平成 27 年 1 月現在までに 4 回の研究課題の公募・選考を行った。それぞれについての選考方針および採択課題の構成は以下の通りである。

第 1 回公募・選考（平成 22 年 11 月～平成 23 年 2 月）：平成 22 年度採択課題

初回ということで、東京（平成 22 年 12 月 8 日）および大阪（同 12 月 9 日）で公募説明会を

開催した。JSTからは産学共創基礎基盤研究の特徴や仕組みについて、またP0からは「ヘテロ構造制御」プログラムの目的と期待する研究課題の内容や例について説明した。構造用金属材料において、原子（ナノ）スケールからマイクロ、マクロスケールに至るまで、さらには、物理的から化学的までを含むさまざまな相、格子欠陥、構成元素などの不均一性（ヘテロ構造）を研究対象にすることを述べ、公募要領には以下のような説明も加えた。

「本技術テーマは構造用金属材料を対象にしておりますので、力学特性の研究は必須です。また、将来的な実用化を目指すために、耐熱性、耐食性などの耐環境性の向上、塑性加工や接合、材料評価など、力学特性発現の周辺を支える基礎基盤研究も同時に進めることが大切です。さらには、放射光、中性子線やアトムプローブなどの最先端の解析機器を用いた現象解明も有効な手段になると考えています。実験的・理論的な研究が困難な場合には、各種の計算シミュレーション手法も力を発揮するでしょう。」

さらに、中堅・若手からの応募も期待する旨を述べるとともに、下記の5つの代表的な研究分野を公募要領に例示した。

- (1) ヘテロ構造と物性・特性との関連の基礎的・系統的理解
- (2) ヘテロ構造を実現するためのプロセス開発とそこで生じる金属学現象の原理的理解
- (3) ヘテロ構造・組成を定量化する解析技術
- (4) 塑性加工、溶接・接合など、実用化に不可欠なヘテロ構造金属材料の加工技術
- (5) 上記項目のそれぞれに寄与する計算科学・工学技術

以上の結果、80件の課題応募があり、アドバイザー（後述）とP0での慎重な審査（書面審査および面接審査）を経て、9件の課題を採択した。採択課題の構成は、上記の(1)から(5)のうちの複数の分野にまたがるものもあるが、敢えて分類すれば、(1) 3件、(2) 3件、(4) 2件、(5) 1件であった。なお、対象とする材料は鉄鋼、アルミニウム、チタンが中心であった。

第2回公募・選考（平成23年6月～9月）：平成23年度採択課題

アドバイザーと相談し、平成22年度採択課題とのバランスを考えて、この年度では、とくに以下のような内容の課題を歓迎する旨を公募要領に記載した。選考方針そのものは第1回公募と変わらない。

- (1) 力学特性（強度、靱性、破壊、軽量化、長寿命化、など）
- (2) 耐環境性（耐熱性、耐食性、水素脆性、など）

その結果、34件の応募があり、3件を採択した。(1) 2件、(2) 1件であった。材料は鉄鋼とアルミニウム合金であった。

第3回公募・選考（平成26年6月～8月）：平成26年度採択課題

産学共創基礎基盤研究プログラムでは、予算的に、年間10件程度の研究課題の進行が基本となっている。前2回の課題採択の結果、平成24年度には12件、平成25年度には9件の課題が進行していたので、これらの年度には新規課題の公募・選考は行わなかった。平成25年度末に3件の課題が終了したことを受けて、平成26年度に第3回の公募・選考を行った。

今回は、前回までの選考方針を継続するとともに、下記2点の観点を公募要領に付した。

- (1) 産学共創の趣旨を十分に理解し、参加研究者間で、効率良い有機的・相補的な連携が計画されている研究体制が望ましい。
- (2) 以下のようなキーワードが含まれる課題（これらに限るという意味ではありません）：
水素と金属、組織と力学特性、実験・理論・計算の融合、鉄鋼、チタン合金、アルミニウム合金、複合材料、最先端解析技術、大型共同研究施設（加速器、放射光、中性子、スーパーコンピュータなど）の利用。

1点目(1)は、今までの応募課題の中には、科学研究費補助金の申請に類似した研究提案も含まれ、必ずしも委託研究である本プログラムの特長の「産学共創」が応募者に十分理解されていないと感じたことによって加えたものである。さらに、前2回の研究課題に対するミニ共創の場（サイトビジット）や研究進捗状況の把握を通じて、所属や専門の異なる複数の研究者（研究グループ）からなるチーム構成で研究を推進することの重要性をP0とアドバイザーが実感したことにもよる。2点目(2)は、重要であるが今までの採択課題ではカバーできていなかった望ましい研究内

容の具体的なキーワードを加えたものである。

その結果、18件の応募があり、3件を採択した。期待通り、今回初めて「水素と金属」関係の研究課題を2件採択することができた。また、今回の採択課題には、「組織と力学特性」、「実験・理論・計算の融合」、「鉄鋼」、「アルミニウム合金」、「最先端解析技術」、「大型共同研究施設の利用」などのキーワードが含まれていた。

第4回公募・選考（平成27年6月～8月）：平成27年度採択課題

産学共創基礎基盤研究プログラムは平成22年度に開始され、順調に進めば平成31年度まで継続される予定である。したがって、最長の研究期間である5年間をフルに使える研究は平成27年度採択課題までであり、平成28年度以降の採択課題は、4年間かそれ以下の研究期間しか使えない。

「ヘテロ構造制御」では、平成27年度末に5課題が終了予定なので、平成27年度後半には一時的に10課題より少し多い課題が進行する可能性があるが、5年間の研究期間が使える最後の年度として、是非とも平成27年度も新規課題を採択したいと考えた。幸い、JSTの承認も得られたので、公募・選考を行うことにした。

今回は、下記3点を公募要領に付した。

- (1) 産学共創の趣旨を理解し、参加研究者間で、効率良い有機的・相補的な連携が組み込まれた研究計画が望まれます。
- (2) 若手、中堅クラスの研究者からの積極的な応募も期待します。
- (3) 産業界からのニーズを満たし、産業競争力の強化に向けて、既存の採択課題では十分にカバーされていない分野及び材料の研究課題で、以下のようなキーワードが複数含まれる課題の提案を期待します(ただし、これらに限るという意味ではありません)。

「ヘテロ組織と力学特性の関係」、「新しい組織制御(第二相、格子欠陥)」、「高信頼性・高寿命化(耐食性、耐熱性など)」、「実験・理論・計算の融合」、「最先端解析技術」、「チタン合金」、「鉄鋼材料」、「アルミニウム合金」、「複合材料」

これらの3点は本質的には前回までと同様であるが、アドバイザーやP0が予想もしない分野や材料の研究提案を期待して(3)を加えることにした。キーワードについては、今までの採択課題で、我々が考える重要研究分野の大半がカバーできたとの認識から、たとえば「水素と金属」などのやや分野限定的なキーワードを除いて、より広汎なキーワードを並べたものである。

その結果、32件の応募があり、3件を採択した。今回の採択課題にも、「ヘテロ組織と力学特性の関係」、「新しい組織制御」、「高信頼性・高寿命化」、「実験・理論・計算の融合」、「最先端解析技術」、「鉄鋼材料」、「アルミニウム合金」など、多くのキーワードが含まれている。さらに、液体からの凝固過程や超塑性・高温変形など、既存の採択課題にはない新規分野の研究課題を採択することもできた。

6. アドバイザーの構成について

アドバイザー名	現在の所属	役職	任期
相浦 直	(株)神戸製鋼所	部長	平成23年1月～現在
稲積 透	JFEスチール(株)	主席研究員	平成25年4月～現在
潮田 浩作	新日鐵住金(株)	顧問	平成23年1月～現在
落合 庄治郎	京都大学	名誉教授	平成23年1月～現在
小野寺 秀博	物質・材料研究機構	室長	平成23年1月～現在
粉川 博之	東北大学	教授	平成23年1月～現在
辻 伸泰	京都大学	教授	平成23年1月～現在
細谷 佳弘	JFEスチール(株)	主席研究員	平成23年1月～平成25年3月

アドバイザー人選にあたっての考え方

誰がアドバイザーであるかは、外部から見た本技術テーマの世評と信頼にも大きな影響を与える。そのため、下記のような点に注意して、産業界と研究者の双方から、多くの人に納得いただけるようなアドバイザーを人選した。

- ・本技術テーマが産学連携基礎基盤研究であることや、産学共創の場を持つという特長を考慮し、産業界と学官界のバランスをとった。
- ・少数精鋭かつ効率良いプログラム運営を目指すため、P0を加えて8人体制とし、産業界3名、学官界4名とした。
- ・鉄鋼材料、非鉄金属材料をカバーすると共に、力学特性、計算科学、溶接・接合の4分野の専門家を含むようにした。
- ・各分野で第一人者の技術者・研究者の中から、本技術テーマの運営に積極的に協力していただける方を選んだ。
- ・本技術テーマが10年間継続することを考慮して、人選時点で65歳以上の方は対象外とした。

7. 技術テーマのマネジメントについて

(1) P0の運営方針について

P0の最も大切な職務は、各研究者が快適に研究活動を行えるようにサポートすることにあると考えている。とくに産学共創を特長としている「ヘテロ構造制御」プログラムでは、産業界と研究者の間の対話がスムーズに行えるように、適宜、両者の橋渡しを行うことが大切である。

本「ヘテロ構造制御」では7人のアドバイザー（産3人、学官4人）をお願いしているが、P0の発案により、個々の研究課題に対して、一人の産のアドバイザーを「担当アドバイザー」として配置する制度を設けている。そして、種々の橋渡し役（仲介役）を、担当アドバイザーを窓口として行っていただくようにしている。実例としては、たとえば研究者から産業界に研究用の試料提供の要請があった場合、担当アドバイザーが仲介して、企業に必要な試料を作製していただく、あるいは企業に所属する専門技術者を研究者に紹介して、研究遂行上の問題点の抽出を行う、などがすでに何回かあった。単なる産学連携と異なる点は、これらの仲介を全アドバイザーおよびJSTが了解した上で行うことにある。

産業界同士の連携も重要である。本プログラムを運営してわかったことに、鉄鋼、アルミニウム、チタン分野のそれぞれの研究者・技術者の間に、横断的な交流が今までほとんどなかったことがある。金属材料という共通点はあるものの、異種金属材料を扱う技術者・研究者同士が互いに互いをよく知らないことは非常に勿体ないことであると感じた。なぜなら、原理、原則の本質は、異なる金属材料であっても共通していることが多いからである。さらに、異種金属材料のことを知れば、専門の金属材料の知識も深化するとも考えている。したがって、産学共創の場においても、全体会合を多く開催して、異なる分野の研究者・技術者が意見交換や質疑応答に参加する機会を増やすように心がけてきたつもりである。たとえばキックオフ産学競争の場でも、新規採択課題に加えて現在遂行中の課題の研究者の発表時間を設け、産業界の方々にできる限り多くの採択研究の内容を知っていただけるように配慮している。

研究を通じての人材育成も、本技術テーマの重視するところである。前述のように、今までの公募・選考においても、中堅・若手からの提案を歓迎する旨を公募要領に記述した。最近の構造用金属材料分野での研究手法（実験機器、解析装置）の発達には目覚ましいものがあるが、中堅・若手にはそれらを難なく使いこなす能力がある。優秀な中堅・若手が継続的に出現しない限り、この分野の将来が明るくはならない。シニアからの応募課題を軽視するわけでは決してないが、中堅・若手からの提案を嬉しく思い、できれば採択したいと思ってこのプログラムを運営していることは事実である。

(2) 技術テーマの進捗状況をどう把握したか

上記の「担当アドバイザー」には、ご自分の担当の研究課題の研究者と、日頃密接に連絡をとりあって、研究の進捗状況を把握していただいている。さらに、前述のような各種の産学共創の

場（クローズドな全体会合、個別会合、材料別会合、オープンなシンポジウム、個々の研究者へのサイトビジット）を通じて、あるいは学会の講演大会や国際会議の際の研究者の発表、研究者との対話を通じて、個々の研究課題の進捗状況を把握してきている。これらの情報を総合的に判断し、「ヘテロ構造制御」の技術テーマとしての進捗状況を判断している。

(3) 技術テーマの研究計画の見直しの有無、有りの場合、どう見直したか

技術テーマそのものの研究計画を見直すことは今までになかった。それまでの採択課題の内容から判断して、望ましい課題例を公募要領に示してきたことは、前述の通りである。

個々の課題についての研究計画の追加・修正は時々あるが、これは研究進捗に伴うもので、研究者とP0との意見交換や討論によって、研究計画を変更することが必要と判断されれば適宜柔軟に対応することになっている。さらに、各種の産学共創の場などを通じて、産業界からの要請を受けて、研究者がそれまでになかった研究計画を新たに追加することも多い。それは歓迎すべきことであるが、産業界の期待が大きく研究者が過度の負担を感じる恐れがある場合、あるいは実用面よりも基礎的な理解を深化してほしいと考えた場合などは、P0とアドバイザーの判断で、産業界の要請とは若干異なる要請を個々の研究者にお願いしたこともある。

(4) 研究の中止または継続決定のための評価基準（マイルストーン）、中止または継続した根拠

研究開始から2年が経過したときの中間評価（提出された報告書の書面審査とヒアリングによる面接審査の双方による）によって、研究計画に記述されている研究のマイルストーンが計画通りに達成されているかどうかをアドバイザーとともに判断して、研究の中止または継続を決めている。

今までに、研究の中止または期間短縮をした課題は3件ある。そのうちの二つは、2年間の研究成果を見て、「ヘテロ構造制御」プログラムの基礎基盤研究として研究を継続するより、産業界との共同研究に移行した方がより適切と判断されたものである。これらの研究課題は、その後、企業が興味を持ち、産学協同研究が進展していると聞いている。もう一つは、研究計画の遂行に必須の大型装置の開発・導入が計画より大幅に遅れたため、中間評価時までには実施予定の実験ができず、継続の可否を判断するだけの成果があがらなかったためである。この課題は大型装置の導入予算の関係で1年の期間延長を認めた後に中止とした。この終了課題も、大型装置の導入後、当初予定研究が開始できるようになり、特殊な設備であるが故に広く有効活用され、平成27年度からの新規プロジェクトの実施に繋がったと聞いている。

(5) 「産学共創の場」をどう推進したか、どう活用したか

すでに述べた通りであるが、まず、新規研究課題が採択されたらなるべく早期に、この技術テーマの発案者である日本鉄鋼協会、日本アルミニウム協会、日本チタン協会に所属する企業の研究者・技術者と新規課題の研究遂行者（研究代表者と共同研究者）からなる全体の「産学共創の場」（キックオフ産学共創の場）を開催するようにしている。予め登録された者のみが参加可能ないわゆるクローズドな場である。キックオフ開催前に、応募時の研究計画書を上記3協会を通じて産業界に配布し、予め産業界からの意見を徴集し、研究遂行者にフィードバックしている。したがって、キックオフ共創の場の当日は、研究代表者は産業界からの要請を取り込んだ発表を行うことになる。数十名の出席によって、研究遂行者と産業界との質疑応答や意見交換を行い、研究遂行者の今後の研究遂行に役立てていただいている。研究代表者には、キックオフ後に、産業界の意見を取り込んだ研究計画書を改めて提出してもらっている。なお、このキックオフ共創の場には、新規採択課題の研究者のみならず、現在進行中の既存課題の研究者にも短時間ではあるが研究進捗状況を発表いただくことにしている。これは産業界との意見交換の意味のみならず、研究者同士の互いの研究課題の理解のためにも非常に有益であると考えている。

研究課題のうち、たとえば鉄鋼またはアルミニウムに関連する課題のみを抽出した「分野別産学共創の場」については、日本鉄鋼協会や日本アルミニウム協会の協力を得て、個別に開催している。これらキックオフ共創の場や分野別共創の場の活動では、会場の手配まで含めて、各協会の協力に負うところが大きい。「産学共創の場」の推進を含め、本技術テーマに対するコメントを、日本鉄鋼協会、日本アルミニウム協会から頂戴したので、以下に紹介する（平成27年12月受理）。

(一社) 日本鉄鋼協会

JST産学共創基礎基盤研究プログラム「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」については、鉄鋼材料を含む金属材料産業の材料開発に関わる喫緊のニーズを捉えて、日本鉄鋼協会、日本アルミニウム協会、日本チタン協会が共同で技術テーマとして提案したものである。

特に、本プログラムのキーワードとなっている「ヘテロ構造制御」は革新的な構造材料を創製するための材料開発の最先端の切り口であり、今後の材料開発のための新たな指導原理が構築されることを強く期待するものである。

平成22年度から平成27年度まで、5年間で18課題が採択され、うち6課題が終了し、現在12課題が研究継続中であるが、いずれも数多くの新たな知見を生み出すことができ、論文投稿のみならず参加企業における継続検討等、実用化へのステップを歩み始めたテーマもある。

当初、「10年」という長期計画でスタートしたプログラムであるが、現在の間地点においても、前述のように多くの具体的な成果を生み出しているプログラムであるため、後半の5年間についても必要な予算を確保して着実な推進が図れることを希望する。

日本鉄鋼協会では、本プログラムの推進にあたり、事務局内の戦略・連携推進グループを中心に、全面的なサポートを行っている。具体的には、新規採択課題への学協会としての要望事項のとりまとめ、産学共創の場の支援、春秋に開催される講演大会を利用したシンポジウムの企画等である。日本鉄鋼協会では、このような支援、サポート体制を通じて、本会会員へ本プログラムの意義、重要性が伝達されるように努めている。

JST殿には今後の予算確保による本プログラムの着実な推進とともに、本件に関するトピックスのホームページ公開等のPR活動がきめ細かく実施、継続されるように希望する。

(一社) 日本アルミニウム協会

1. 日本アルミニウム協会におけるJST「ヘテロ構造制御」プログラムの位置づけ

日本アルミニウム協会では、業界全体としての「技術戦略」の必要性について2007年に議論を開始し、一定の方向性がまとまった2009年に「アルミニウム技術戦略ロードマップ2009」を策定し、その後毎年レビュー版を発行している。狙いはロードマップの策定ではなく、掲げている個別テーマの実現であるが、研究開発の段階として、JST「ヘテロ構造制御」プログラムを重視している。大きなテーマであるほど「指導原理の確立」に遡った研究開発が不可欠であり、「指導原理」から「実用化」までを見据えた本プログラムは、弊協会の上記ロードマップの推進にとって格好の頼りになるスキームとなっている。

2. サポート体制と期待

上記の業界全体としての「技術戦略」を議論するため、2007年にアルミニウム協会内に「中長期需要・技術開発委員会」を設置し、技術戦略の議論およびロードマップの策定を推進し、JST「ヘテロ構造制御」プログラム採択後は、軽金属学会の研究者との応募テーマの検討、応募申請に向けた研究支援、採択テーマの進捗フォローを行っている。代表的なイベントとして、毎年4月に合宿形式で、進行中の「ヘテロ」採択テーマの研究者が一堂に会し、「中長期需要・技術開発委員会」メンバーと共に進捗フォロー等を議論する場を設けている。

その関連では、JST「ヘテロ構造制御」プログラムの一環として「産学共創の場」が設定され、アルミ以外のテーマを含め全部のテーマの進捗が紹介・議論されているのは大変ありがたい。願わくは、アルミ分野のテーマが1件でも多く採択されることを切望している。

以上のような各協会からの支援を受けて行う産学共創の場に加えて、個々の課題とそれに所属する研究チームに対しては、アドバイザー全員とPOによるサイトビジットもミニ産学共創の場と位置

づけている。主に研究代表者の大学等を訪問し、意見交換とともに、研究設備を見学して、研究の進捗状況を把握している。サイトビジットは全ての課題に対して行うが、個々の課題については、2年に一度の頻度で行っている。

参加研究者全体かつオープン（誰でも参加可能）なシンポジウム形式の産学共創の場も今までに2回（2年に一度）行った。具体的には、日本鉄鋼協会の秋の講演大会時を利用して朝から夕方までの一日で開催した。ここでも全研究課題の研究者が発表を行ったが、一般の人達からのコメントや質疑応答を受ける機会であるとともに、「ヘテロ構造制御プログラム」を一般の方々に認知していただく良い機会にもなっている。また、日本鉄鋼協会の会報「ふえらむ」（2012年、17巻、No. 11と12）に特集号として本技術テーマの活動と当時の採択課題全ての紹介記事を連載し、多くの関係先への情報発信を行った。

種々の産学共創の場を頻繁に開催する利点は多いと思うが、それが研究遂行者に過度のプレッシャーや義務感を与えるようなら本末転倒である。POとしてこの点は十分注意を払ってきたつもりではあるが、今後も留意すべきことと考えている。

(6) 研究課題の評価と指導はどのように行ったか

（研究課題の指導・助言と、研究の拡大・縮小・転換・支援等の方針、及びその経過）

これについては、すでに上記の(2)、(3)、(4)、(5)で述べたことと重複するので上記を参照していただきたい。

(7) 研究費の配分について技術テーマ運営上の立場からコメントください

今までの採択課題に対しては、申請された額にほぼ等しい研究費を実際に配分している。このことは、たとえば科研費（平均して、およそ申請額の7割から8割程度の配分額と聞いている）に比べてはるかに高効率で、採択された研究者にとっては満足できるものであろう。研究者は減額を覚悟で実際に必要な研究費より高く予算申請することも常である。その結果、可能な最高額を申請してくる場合も多い。本当にその額が研究遂行のために必要かどうかは、アドバイザー間で判断が分かれることもあるが、予算が多少減額されても十分研究が可能なことも多いと感じている。

一方で、研究加速予算と称して、来年度の予算を1年早めて使っていただくような仕組みもJST事務局と相談の上で行ったことがある。これも研究者の間で非常に好評である。ただし、これはJST側の予算の有無に依存するので、いつでも自由にできる仕組みではない。

今までの4回の新規課題公募では、採択可能課題数の数倍から十倍の応募があった。そのため、採択不可になった課題の中にも、非常に魅力的なものが毎回多く含まれていた。それらの課題についても、一つ一つに対して「不採択理由」を書かなければならないことは、正直申し上げて、POとして大変つらい仕事である。この産学共創基礎基盤研究では、一つの技術テーマについて毎年10件の研究課題を進行させることが標準になっているが、上記の理由から、個々の課題に対する研究費配分を若干少なくしても、より多くの課題を採択した方が、本技術テーマにとって有益ではないか、と思うこともある。多くの同時進行課題を管理運営することには別の苦勞を伴うと思うが、年間総予算は決まっても、このように、より柔軟性を持った運営が望ましい場合もあるように感じている。

(8) 今後の取り組み

とくに今までの運営方針を今後大きく変更することは考えていない。ただ、これからは終了課題がどんどん増えていく。それらの成果がどのように産業界へとフィードバックされるのかをきちんと把握しておくことは大切であると考えている。そのために、JSTと一緒に過去の技術テーマに参画した研究者の今後をトレースし、フォローすることが必要であろう。

さらに、このプログラム自身が平成31年度末で終了するため、今後の公募による新規採択課題は、最長でも4年間以下の研究期間しか持てない。したがって、本質的な運営方針は変わらなくても、新規採択課題の選定には、今までとは異なる視点（たとえば短期で成果があがりやすい課

題など)が必要となるかもしれない。この技術テーマに対する国の予算が、今後もスムーズに継続することを切に期待している。

8. 技術テーマとしての産業競争力強化につながる技術の確立に向けた状況

この状況報告については、P0の判断より産業界の判断の方が適切と考え、産のアドバイザーのご協力を得て、新日鐵住金(株)、JFEスチール(株)、(株)神戸製鋼所からご意見を頂戴した(以下、全て平成27年12月受理)。以下はそれらをまとめたもので、各社のご意見は、ほぼ原文のまま掲載させていただいた。

また、表1、表2は、産のアドバイザーのご協力を得て、現在までに採択された18件全ての研究課題(既終了課題も含む)のそれぞれに関して「産業競争力強化に繋がる技術の確立に資する成果」などを見やすいように表にまとめたものである。このように、多くの研究課題で期待通りの研究成果をあげ、また、あげつつある。

(1) 課題評価の結果を踏まえた技術テーマの設定目標に対する達成状況

(新日鐵住金(株))

本制度は、産業界がニーズ提案を行い、産業界では実施できない基礎基盤研究を大学・研究機関が徹底して実施することを期待したものである。革新的構造用材料の創製を目指した従来にない新指導原理の獲得、我が国の産業を支える構造材料分野におけるアカデミアの強化と若手研究者の育成強化、これらを通じた金属産業の国際競争力の強化、さらには水素基盤社会などの新産業の振興が産業界から見た主な期待である。

本分野研究の夢とロマンにかける加藤P0の献身的かつ強いリーダーシップのもと、関連する学協会が一体となり活発で熱い活動が行われてきた。その結果、産業界から見てもきわめて高く評価できる実績があがっており、その意義は甚大である。また、本制度は、産官学連携の今後のあり方についての重要な方向性を示唆しているようにも思える。

(JFEスチール(株))

我が国の周辺を見ると、中国に代表されるように、最新の技術とノウハウの収集に基づく技術開発や最新鋭設備の導入が加速している。このような環境において日本の産業競争力を強化するためには、これまでの技術や知見の延長線上ではない新指導原理を見出し、従来の技術では解決できない高度な課題をブレークスルーしていく必要がある。さらには、得られた新指導原理を速やかに産業界へ移植していくことが重要である。

本プログラムにおいては、まさに、学による新指導原理の構築と産学共創による産業界への技術移植に重点を置いた的確な運営が行われている。優れた研究成果をあげてきた一流の研究者あるいは新進気鋭の若手研究者によって、構造材料の高強度・高延性化、高耐食化、不純物無害化を始めとする重要な技術課題に関して、従来技術の延長線上にはない多くの新指導原理が見出されている。また、産学共創の場を活用して産の要望を研究に反映させ多くの産学共同研究に繋げているマネジメントは、高く評価できる。

((株)神戸製鋼所)

日本の構造用金属構造材料の開発課題での本プログラムの目的は、従来の技術の延長ではなく新しい理論の構築で飛び石的なステージアップを目指すものである。そのために、日本の材料基礎研究の総力を結集することがプロジェクトのコンセプトとなっている。

5年を経過して振り返り、構造材料の重要なプロジェクトとして、成果と同時にそのマネジメントも高く評価する。材料、プロセス制御が持つ課題が詰まっているブラックボックスを解明するために、世の中の新理論、新プロセス、新評価技術の応用なども駆使されているのがよく分かる。

(2) 産業競争力強化に繋がる技術の確立に資する成果(特に、技術のブレークスルー、社会・経済の発展に繋がる重要な成果、派生して生まれた技術、等)

このことについても表1、表2にまとめさせていただいた通りである。各社の補足コメントを以下に記す。

(新日鐵住金(株))

- a) 研究課題として、産業競争力強化に資する重要なテーマが採択できている。テーマは、構造材料分野の前競争領域あるいは非競争領域における産業界が実行できない基礎基盤研究課題や挑戦的研究課題であり、金属産業全体に共通するきわめて重要なものが厳選された。
- b) 産学共創の場での議論を通して、産業界におけるニーズや開発の方向性を研究遂行者に直接伝えることができた。また、研究遂行者も、産業界から技術的支援やサンプル試作・提供を要請することができた。これら双方向のコミュニケーションにより、研究の方向性の確認、研究の質の向上、成果のスピードアップや実用化に向けた展開などの点において、大きなメリットが認められた。実際、表1、表2のような数多くの指導原理やシーズ技術が獲得できている。今後も、相互の連携に基づいた継続的な活動により、成果の増加が期待できる。また、計算科学の分野でも、京やポスト京における構造材料分野の重要課題への発展もあった。
- c) 本技術テーマに関係した学官の研究者と学生の数は240名以上とかなりの規模であり、本分野におけるアカデミアの強化や若手研究者育成の強化にきわめて大きな貢献をした。また、産業界の若手研究者にとっても、産学共創の場やシンポジウムで得られる技術情報や知的刺激は、彼らの人材育成に貢献している。日本のものづくり産業を根底から支える金属産業から見て、金属工学はきわめて重要な学問領域であるが、絶滅危惧学科と言われている。本プログラムにおける産官学が一体となった連携活動により、金属工学を教育・研究・育成の面でも維持・強化しつつある効果は甚大である。

(JFEスチール(株))

一例をあげると、研究課題「摩擦攪拌現象を用いたインプロセス組織制御によるマクロヘテロ構造体化技術の確立」においては、従来の高価なNi等の添加ではなく高歪を与えることで強度と延性に優れる金属組織(残留オーステナイト)を安定的に形成し、構造体の性能を飛躍的に高める新指導原理が見出され、産業界との共同研究に繋がっている。この課題を進める過程で、産学共創の場において、摩擦攪拌ツール長寿命化の要望が産業界から出された。これに応じて研究の枠を広げ、最終的には目標のツール寿命を達成することで新指導原理の実用化へ向け大きく前進したといえる。本プログラムでは、技術のブレークスルーに繋がる多くの新指導原理がこれまでに見出されているが、それに加えて産学共創の場が当初の狙いどおり有効に活用され、産業競争力強化に資する視点から広く議論されることで、有用な産学共同研究に繋がっている。

((株)神戸製鋼所)

進捗成果は、いろいろな形で企業で評価されている。マスコミ発表、学会発表、のみではなく、シンポジウムや共創の場での議論は新理論に対する出口イメージを交換でき、常に企業側から研究方向が見える状況に維持されているのも良い点である。企業の立場で、材料の国プロ制度の新しい形の成功例と評価する。

個社としても、鉄から非鉄までの製品を持つ当社にとって、技術ロードマップへも影響する重要なプロジェクトである。金属材料を広く対象とし、あるテーマでは夫々の分野に深く、又あるテーマでは、金属の横串の協調領域の研究になっており、ある意味、世界をリードできる材料研究基盤づくりの在るべき姿であると評価する。

(3) 最終目標達成(産業界で共通する技術的課題「技術テーマ」の解決に資する成果創出)の可能性

上述のように、本技術テーマ提案者(産業界)は、現在までにヘテロ構造制御の運営と成果にほぼ満足されておられ、期待も大きい。また、すでに重要な成果が得られていることも表1、表2が示すとおりである。これらの観点から予想すると、今後も、最終目標達成に至る成果が創出される研究課題も順調に増えていくものと期待できる。

(4) 懸案事項・問題点（進捗が思わしくない事象があれば触れてください）

とくに進捗が思わしくない事象（運営、研究の両面において）は今のところ見当たらない。ただ、JST 事務局からは、本技術テーマの次年度の予算は不明確であると毎年のようにいわれている。年度末近くにならないと翌年度の予算の概略の話も聞くことができない。国の予算のために致し方ないこととは理解しているが、この技術テーマの運営において、予算の不明確さは、いつも苦慮するところである。あと5年、予算が順調に手当されることを望む。

懸案事項や問題点とは異なるが、各社からこの技術テーマに対して送られたエールや期待を下記に紹介する。ヘテロ構造制御に対する産業界の期待は大きいので、P0 としては、それに最大限お応えすべく、この技術テーマの健全な運営に精一杯微力を尽くしていきたいと考えている。

（新日鐵住金(株)）

a) 産学共創の場や学会でのシンポジウムの開催などを通して情報が早期に入手でき、気軽に研究実行者と会話することが可能である。従来の論文を通じた情報入手とは雲泥の差がある。

b) 日本鉄鋼協会の会報「ふえらむ」で採用された本技術テーマの特集号は、産官学の本分野関係者のモチベーションアップに大きく貢献した。今後もこのような手段の活用を考えていただきたい。

c) P0 のリーダーシップのもと重要領域のテーマ提案を計画的に進めることができた（例えば、腐食、金属と水素など）。特に、金属と水素は、目的の一つである新産業（例えば、水素基盤社会）の振興にも貢献すると期待できる。産学官のコミュニケーションの質／量の向上に向けた P0 の適切な指導と環境づくりは、きわめて有効であった。

（JFE スチール(株)）

本プログラムは、構造材料に関わる基礎研究の機運を高めるとともに研究者の育成を促すことで、日本の産業競争力の基盤となる基礎研究力の向上においても重要な役割を果たしている。これまでに200名を超える研究者と学生が本プログラムに参加し、構造材料の将来に貢献している、という事実は大変心強い。今後も、各テーマにおいて指導原理の本質を追求すると同時に産学コミュニケーションを重視する加藤 P0 の的確なマネジメントの下で、新指導原理の構築と産業界への移植を推進し、将来に渡る日本の産業競争力強化にますます貢献するものと期待している。

（(株)神戸製鋼所）

本プログラムの評価される点に、加藤P0のマネジメント、リーダーシップの部分は大きいと考える。純粋な科学者の目線で、産業界の思いに常に耳を傾けて、各テーマの進捗に的確なアドバイスをされている。テーマの本質をよく見て、産、学の偏った判断にならないように、アドバイザーチームとプログラム推進の方針をいろいろな場で議論の場をつくっていただいている。そういったマネジメントにより、この5年は成り立っていると評価している。

以上のような、ブレない5年間の活動基盤は、立ち上げ当初、加藤P0を中心にJSTスタッフも含めたチームでの深い議論で築かれたものとする。企業として、心から、本制度を評価し、その維持継続に感謝する。

表1は各研究課題を構成する主たる要素技術に分類し、技術のブレークスルーを示したもので、その要素技術と社会・経済の発展につながる成果を表2に示す。

表 1 各研究課題と要素技術の関係

要素技術	NO.	研究代表者名	所属	課題名称	技術のブレークスルー (新指導原理、開発技術)
(A) 設計・製造	5	瀬沼 武秀	岡山大学	超微細マルテンサイト相を母相としたヘテロ組織の創成とその特性の解明(相反する複数特性を満足する超高強度鉄鋼部材製造の基礎基盤研究)	①靱性と耐水素脆化特性に優れる最高強度の 2000MPa 級鋼材をホットスタンププロセスで製造するための基本指針を提案 ②非整合な析出物が水素のトラップサイトとして有効であることを提示 ③ホットスタンププロセスにおける競合冶金現象のモデル化も構築
	7	藤井 英俊	大阪大学	摩擦攪拌現象を用いたインプロセス組織制御によるマクロヘテロ構造体化技術の確立	①低温接合による高炭素鋼板の接合技術確立 ②接合ツールの寿命を拡大 ③強加工によりこれまでにないレベルのオーステナイトの安定化に成功→残留オーステナイト増による延性向上
	9	柳本 潤	東京大学	幅拘束大圧下制御圧延による易成形高強度バイモーダル薄鋼板の製造基盤研究	①ユニークな幅拘束大圧下制御熱間圧延装置を立ち上げた ②本設備の有効活用でバイモーダル組織の形成機構と優れた特性発現機構に挑戦
	11	廣澤 渉一	横浜国立大学	超微細粒強化と時効析出強化を並列させる新規アルミニウム合金線新材の開発とその合金設計指導原理の確立	①超微細粒強化と時効析出強化を並列させるためには、a) 低温時効、b) マイクロアロイング(例えば Cu) およびスピノーダル分解の利用が有効である原理を提案 ②TS>1GPa で高延性な超微細粒時効硬化型合金の実用化に挑戦中
	15	三浦 博己	豊橋技術科学大学	オーステナイト鋼への単純強圧延によるヘテロナノ構造の付与と超高強度化の実現	中間評価未実施
	18	安田 秀幸	京都大学	鉄鋼材料の凝固過程におけるマッシブ的変態の解明と新しい凝固・鑄造原理の構築	中間評価未実施
(B) 構造・組織	1	飴山 恵	立命館大学	調和組織制御による革新的力学特性を有する金属材料の創製とその特性発現機構の解明	①調和組織という新しい概念により、これまでにない強度と延性の両立を達成 ②調和組織材料を創製するためのプロセス原理も確立

要素技術	NO.	研究代表者名	所属	課題名称	技術のブレークスルー (新指導原理、開発技術)
(B) 構造・組織	2	木村 勇次	物質・材料研究機構	フェールセーフ機能を付与した強くて壊れにくい超微細繊維状結晶粒鋼の力学特性	①焼戻しマルテンサイト鋼の温間加工により、高強度かつ高靱性な超微細繊維状結晶粒鋼を開発 ②通常とは異なる逆温度依存性を示し、水素脆化特性にも優れる飛躍的な鋼材のシーズを提案 ③特徴ある組織を得るためのプロセス条件や特性発現機構も提案
	3	里 達雄	東京工業大学	鉄を活用した新規ナノヘテロ構造アルミニウム合金の創製と3D構造解析	①有害な鉄を数%含有する場合においても良好な延性が得られる加工・半溶解プロセスを開発
	6	土山 聡宏	九州大学	高強度鋼板の塑性変形にもなう軟質分散粒子のヘテロ→ホモ構造変化の有用性評価	①軟質(Cu)粒子は塑性加工にともない溶解し、延性を向上することを提案 ②軟質粒子と硬質粒子の複合化で従来特性を凌駕 ③マルテンサイト鋼やパーライト鋼への本コンセプトの横展開により特性に優れる高強度鋼を提案
	10	鳥塚 史郎	兵庫県立大学	10000GPa%J 高強度・高延性・高靱性鋼を実現できる5%Mn組成を利用した超微細ヘテロ変態組織の生成とその機構解明	①5%Mn鋼の優れた力学特性を立証 ②オーステナイトからの空冷による微細マルテンサイト鋼、および二相域での加工後の空冷による二相超微細組織鋼を中Mnで達成 ③機構を解明しつつあり、新指導原理は今後を期待
	17	戸高 義一	豊橋技術科学大学	「鋼材/潤滑油」界面における機能性ヘテロナノ構造制御に基づく転動疲労高特性化のための指導原理の確立	中間評価未実施
(C) 環境・水素	12	武藤 泉	東北大学	鋼/介在物ヘテロ界面のマイクロ電気化学特性解明と界面ナノ構造制御による高耐食化原理の導出	①微小領域の腐食挙動を解明するマイクロ電気化学計測技術を開発 ②ステンレス鋼の孔食発生機構を初めて解明 ③MnSの無害化、母材の高耐食化指針を導出
	13	津崎 兼彰	九州大学	鉄鋼における水素/マルテンサイト変態相互作用の定量的・理論的解明と水素利用材料の創製	中間評価未実施
	14	戸田 裕之	九州大学	水素分配制御によるアルミニウム合金の力学特性最適化	中間評価未実施

要素技術	NO.	研究代表者名	所属	課題名称	技術のブレークスルー (新指導原理、開発技術)
(D) 解析・計算	4	下川 智嗣	金沢大学	材料科学と固体力学の融合によるヘテロナノ構造金属における高強度・高靱性両立の指導原理確立	①パーライト鋼の強度-延性、強度-靱性の飛躍に繋がる指導原理を計算と実験を融合させた厳密な階層的解析により提案 ②前者はラメラの微細化と異相界面最適設計、後者はラメラやブロックの微細化とセメントイト分解抑制
	8	毛利 哲夫	東北大学	ハミルトニアンからの材料強度設計	①Fe-Si 合金を例に計算材料科学を駆使したマルチスケール材料設計に挑戦し、一貫モデルを構築 ②構造材料分野における「京」や「ポスト京」での有益な活動に展開
	16	佐藤 英一	宇宙航空研究開発機構	協調的粒界すべりのすべり群サイズの決定機構(超塑性変形速度向上の指導原理)の解明	中間評価未実施

表2 要素技術と社会・経済の発展につながる成果

要素技術	社会・経済の発展につながる成果					
	産業界各業種との共同研究件数			国プロ などへ進展	基礎研究強化	
	素材	重工・機械	輸送機器	基盤	(研究参加者数) 人材育成	論文／受賞数
(A) 設計・製造	15	1	3	3	102	55/24
(B) 構造・組織	2	3	2	1	64	52/11
(C) 環境・水素	3	0	0	0	29	11/7
(D) 解析・計算	3	0	0	0	45	25/14

素材メーカーが設計・製造技術に関する要素技術について積極的に共同研究を進めており、重工・機械メーカー、輸送機器メーカーについても共同研究ニーズが認められる。

産学共創基礎基盤研究プログラムの一つの目的である「産学共同研究の苗床」としての役割も十分に果たしている。

このように、多くの研究課題で期待通りの研究成果をあげ、また、あげつつある。

9. 総合所見

前述のように、「ヘテロ構造制御」の技術テーマは、すでに多くの産業競争力強化につながる成果をあげ、順調に進行してきたと産業界から評価いただいている。それは、研究遂行者の高い能力に加えて、産業界の協力、学協会のサポート、アドバイザーの献身的な貢献等のプラス要素が重畳した結果である。成果のみならず、マネジメントにおいても、有能なアドバイザーと効率的な事務局に恵まれて、非常にスムーズに行われている。

各種の「産学共創の場」も、各学協会の支援を受けながら有意義な開催が続いている。会場として学協会の会議室をお借りしたり、学協会の事務局の直接的な助力を得ることも多い。研究者も産業界からの意見や要望を随時研究計画に取り込んで、産業界から歓迎される成果を着実にあげてきていると考える。その意味でも、産学共創の場を頻繁に開催することが好ましいが、そのための発表や出張、さらには産業界からの多くの要望などで研究遂行者が過度のプレッシャーや義務感を感じるとしたら、本プログラムおよび産学共創の場の主旨としては本末転倒である。この点は、今後も留意すべきことと考えている。

本技術テーマを設定して、まずは同業他社のみならず、異業他社（たとえば鉄鋼会社とアルミニウム会社など、異種金属を対象とする各社）の間の対話が行えるようになったとのコメントを産業界から聞いたときは嬉しく思った。研究者の成果としての技術要素の本質は異なる金属に対しても共通する部分が多いので、異業他社間での交流も非常に重要と考える。このことは研究者からの声にも反映されている（表1、表2参照）。すなわち、種々の産業界からの意見や要請の中には、当初は研究者が視野に入れていなかったような斬新な内容も含まれていて、研究に広がりが出たとのことで、アドバイザーやP0にも実感できることである。

本技術テーマでの研究課題の内容は、産業界から見ると前競争領域・非競争領域にあるものである。したがって、本プログラムでの研究期間の満了は、決してその研究の終わりを意味するものではなく、研究成果を基にして実用化・事業化に向けての産学連携研究の開始を意味するものと位置づけている。実際、本プログラムの研究が産学連携研究に発展したり、より実用を視野に入れた他のプログラムでの研究に繋がった研究課題も多い。

一方では、本プログラムでの研究の遂行中に基礎的・学術的な観点からも興味がある現象や手法が見つかることも多々ある。本技術テーマが目指す「新指導原理の構築」のためには、実用化研究のみならず、学術的な基礎研究を深化させることも必要である。したがって、個々の研究に対しては、「実用化」や「産業界との共同研究への展開」の視点のみならず、「基礎的・学術的」の観点からの示唆や助力もきちんと行う必要があるだろう。この点も、今後も留意していきたいと考えている。

P0の運営方針でも述べたように、本技術テーマの目的には「人材育成」も含まれている。中堅・若手が伸びることがこの構造用金属材料分野の発展には欠かせない。実際、研究開始時に研究代表者が准教授クラスや40代前半であった採択課題も本技術テーマには多い（18件中6件）。「ヘテロ構造制御プログラムによって研究も自分も大きく成長した。」と感懐を覚えているような運営を今後も目指していきたい。