

事後評価報告書

評価委員会開催日：平成18年8月29日

評価委員：（敬称略、順不同）

藤森啓安 （財）電気磁気材料研究所 顧問 （主査）

中嶋英雄 大阪大学産業科学研究所 教授

新原皓一 長岡技術科学大学極限エネルギー密度工学研究センター センター長・教授

若井史博 東京工業大学応用セラミックス研究所附属セキュアマテリアル研究センター 教授

記入年月日：平成18年12月14日

課題名	ナノ組織制御による次世代高特性材料の創製
研究責任者名及び所属・役職	宝野和博 材料研究所 フェロー、ナノ組織解析グループ ディレクター（現在：フェロー、磁性材料センター センター長）
【実施期間、使用研究費、参加人数】	実施期間：平成14年度～平成17年度 使用研究費（期間合計）：運営費交付金：304.4百万円、外部資金：322百万円 参加人数：（平成17年度）29.5人（専任：6人、併任：12人、ポスドク：5人、外来：5人、技術補助：1人、事務補助：0.5人）
【研究全体の目的、目標、概要】	<p>研究目的及び具体的な研究目標：</p> <p>金属・セラミクス材料で液相急冷・気相急冷・強歪み加工・ナノ析出法・ガラス結晶化などの非平衡プロセスを用いてナノ組織材料を創製し、従来の工業材料で実現し得なかったような優れた力学特性、磁気特性、新機能を引き出すことにより、次世代の高特性材料としての応用の可能性を探索する。ナノ組織磁性材料、ナノ組織高強度金属、ナノ組織高強度セラミクス、ナノ組織新機能材料の4つのサブテーマを推進し、プロセス、特性評価、微細構造解析、組織形成モデリングを有機的に結びつけて、次世代の萌芽材料の提案を行うことを目的とした。ナノ組織を精密に解析することにより磁気・力学・新機能特性が発現するメカニズムを組織的な観点から解明、その知見をさらに優れた材料の創製にフィードバックする。また計算材料科学を駆使し、プロセス条件により形成されるナノ組織とそれから得られる特性の予測を行う。プロジェクト終了時に各サブテーマから新規な高特性材料として有望な萌芽材料を見出すことが目標である。本プロジェクトでは同時にナノ組織発現機構の解明、ナノ組織と材料特性の因果関係の解明、それに必要なナノ組織解析手法の開拓についての学術基盤を構築することも目標としており、得られた成果を積極的に公表し、学術的にインパクトの高い成果を蓄積することも目標の一つと定めている。萌芽材料を実用化することは、本研究の目的ではないが、これらの成果に関心を持つ企業との共同研究を行い、知的基盤を社会的に還元する。</p> <p>研究計画概要：</p> <p>金属・セラミクス材料のナノ組織を制御することにより、従来のマイクロ組織から構成される材料では得られなかったような優れた磁気・力学・新機能特性を発現する材料を試作する。これらのナノ組織を精密に解析することにより磁気・力学・新機能特性が発現するメカニズムを組織的な観点から解明、さらに優れた材料の創製にフィードバックする。また計算材料科学を駆使し、プロセス条件により形成されるナノ組織とそれから得られる特性の予測を行い、ナノ組織解析結果と併せて、特性を最適化するためのナノ組織制御を行う。各サブテーマから将来実用材料として発展する可能性のあるいくつかのナノ組織萌芽材料を提案する。さらにそれらのナノ材料についての学術基盤を確立し、成果を広く公表に努める。</p>

<p>【全研究期間の成果等 (研究全体)】</p>	<p>研究成果（アウトプット）、成果から生み出された効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）： <u>ナノ組織磁性材料</u>：ナノ結晶、ナノグラニューラー組織をもつ磁性材料を試作し、それらの磁気特性とナノ構造を精密に評価し、構造と磁気特性の因果関係を解明することにより、ナノ組織を最適化し、優れた特性を持つナノ結晶軟磁性材料、ナノコンポジット磁石、ナノグラニューラー磁性薄膜を作製し、その実用化の可能性を検討した。また分極率測定装置を立ち上げ、スピントロニクス応用に必要とされる強磁性ハーフメタル材料の探索研究を開始した。 <u>ナノ組織高強度金属</u>：強歪加工法、気相急冷法、液体急冷結晶化法、ナノ析出法などで作製されるナノ組織高強度金属の微細組織を原子レベルで解析し、力学特性と微細組織の因果関係の解明、さらにはナノ組織形成のメカニズムの解明を行い強度・変形歪みともに優れたナノ結晶スチールなどを創製した。 <u>ナノ組織高強度セラミクス</u>：非晶質状態からの結晶化、高圧相転換挙動を制御した焼結プロセスにより、ナノ組織cBN焼結体を創製した。急速加熱、放電焼結によりナノ組織SiN系セラミクスを作製し、低い温度での超塑性を実現した。これら焼結体の機械的特性とナノ構造との相関を明らかにし、焼結過程におけるナノ組織制御の指針を得るために極微細構造の解析を行った。 <u>ナノ組織新機能材料</u>：テンプレート技術を用いたガラス表面の微細な光学活性点の制御による新規のフォトリソグラフィ結晶や磁気記録媒体、活性触媒の創製、固体中のナノドメインの大きさ、分布の制御による新規高性能固体電解質の創製、新規ナノ組織構築用特異構造酸化物超微粒子開発を行った。</p> <p>論文：104.55件*、プロシーディングス：38.7件*、解説・総説：29.2件*、招待講演数：67.85件*（*：研究の寄与率を考慮した平成14-17年の値） 特許出願：27件、登録：5件、実施許諾：0件</p>
<p>【評価項目】</p>	<p>コメントおよび評価点</p>
<p>マネジメント 実施体制 (サブテーマ間連係、外部との共同研究の有効性)</p>	<p>コメント： 本研究では、旧材料研究所の金属系2サブテーマと、旧物質研究所のセラミックス系2サブテーマが、1つのプロジェクトとして統合されたが、実質上は独立して研究が推進された。金属とセラミックスという異なる対象材料を、異なる研究所の文化の基で一つのプロジェクトとしてマネジメントするには問題があり、全体として取り組むには研究戦略に欠けていた感がある。当初の5カ年計画は、平成17年度に物材機構が第1期中期計画を終了する関係で、4カ年で打ち切られた。また、金属ガラス関係の研究は開始2年後に金属系サブグループから独立して、中期計画推進プログラムとして別個に推進された。</p> <p>このように、実施体制は変則的であったが、ナノ組織の精密解析を中心に据えて、ナノ組織と特性の因果関係を解明し、その知見を特性改善の制御法にフィードバックするという手法により、新材料創製を目指した4つのサブテーマに取り組み、最終的には、国内外から注目される幾つかの成果を挙げている。これらの成果は平成18年度から開始された物材機構の第2期中期計画の展開に寄与している。外部資金調達、研究者の充実、サブテーマ間連携、外部共同研究は妥当であった。</p>
<p>*評価点（10点満点）：7 評価基準 9点：研究の効率向上に明確に寄与している 7点：よく考えられている 5点：平均的な体制 3点：もう少し考慮の余地があった 1点：プロジェクト遂行の支障となった</p>	

<p>アウトプット (論文、特許等の直接の 成果。費用対効果を考慮)</p>	<p>コメント： 4サブテーマのいずれにおいても、次につながる十分な成果が得られている。特に本プロジェクトの中心であるナノ組織磁性材料サブグループのアウトプットは秀でている。また、ナノ組織高強度金属サブグループでも高い水準の成果が生み出されている他、高強度ナノ組織セラミックスサブグループでも最終的に超塑性を実現している。ナノ組織新機能材料サブグループの陽極酸化による組織制御も意義深い成果である。費用対効果は申し分ないと考えられる。</p>
<p>* 評価点 (10点満点) : 9 評価基準 9点: 質・量共に平均的プロジェクトの水準を大きく上回っている 7点: 平均的水準より優れる 5点: 平均的水準 3点: 少ない 1点: 問題がある</p>	
<p>目標の達成度 その他アウトカム、波及 効果</p>	<p>コメント： 個々のサブテーマに関しては達成度において少し問題のあるものもあるが、全体的には目標を十分に達成している。ただ、ナノ組織の解析、ナノ組織と特性の因果関係の解明、ナノ組織制御による特性改善では成果があったが、その先の実用化研究への取り組みが不足していた。今後は、特許出願だけでなく、開発のシーズを積極的に実用化に結びつける必要がある。 以下に個々のサブテーマについてコメントする。 <u>サブテーマ1</u>: SmCo/Fe積層ナノコンポジット膜で、単相の理論限界を超えるエネルギー積を得たことは、モデル実験として、強力永久磁石の開発のヒントを与える重要な知見である。 <u>サブテーマ2</u>: 成果は高強度金属材料の特性改善にナノ組織化が鍵になることを実証しており、今後の実用材料の開発の重要なヒントを与える。開発されたレーザー補助3DAPはナノ組織構造解析を精密化する先端技術であり、世界的にトップクラスにある。本研究目的達成に大きな寄与をした。 <u>サブテーマ3</u>: SiNセラミックスの超塑性変形現象は注目される。さらなる追求が求められる。 <u>サブテーマ4</u>: Ti、Zr、Ce酸化物セラミックスに新たな手法(2段陽極酸化や希土類ドーブ)でナノ組織による機能付与の新しい知見が得られたことは材料開発上で重要な知見である。</p>
<p>* 評価点 (10点満点) : 8 評価基準 9点: 一つの分野を形成した 7点: 目標は十分達成され、当該分野に影響を与えた 5点: 目標はなんとか達成された 3点: 目標の部分的な達成 1点: 目標達成にはほど遠い</p>	
<p>総合評価 研究全体に対する総合的な所見を記入。 また上記設定評価項目に含まれないその他の評価ポイントがあれば追加してコメント。</p>	<p>コメント： 本プロジェクトは金属系とセラミックス系といった異質なサブグループより構成されたが、幾つかの注目すべきハイレベルな成果を得ていることは高く評価できる。その中には、この数年間における世界のナノテクノロジー科学技術の急速な進歩を先導するものもあり、当初の目標達成に寄与している。特にナノスケールのキャラクタリゼーションと発現機構の解明、応用へのシーズの開拓がなされ、今後魅力的な活動展開が期待される。 このように、ナノ組織の解析、ナノ組織と特性の因果関係解明では多くの役立つ成果を挙げているが、特性改善の制御法へのフィードバックがやや低く、また、プロジェクトの題目が材料の創製となっているにもかかわらず、研究タイプが基礎ないし目的基礎であり、実際、実用化研究へ進んだものがほとんどない。物材機構のプロジェクトとしては、基礎から実用化研究までをカバーするように設定すべきだったのではないかと考える。</p>
<p>* 総合評価点 (10点満点) : 8 評価基準 9点: すべての点において模範的に優れている</p>	

7点：総合的に優れている

5点：平均的

3点：期待されたほどではなかった

1点：税金の無駄遣いである

なお評価点は、公表時一般にもわかり易いように、以下のようにS, A, B, Cを併記します。

9、10 S

8 A+

6、7 A

5 A-

3、4 B

0～2 C

評価点まとめ

マネジメント実施体制 (内外連携)	アウトプット	目標達成度、アウトカム 波及効果	総合評価
A	S	A+	A+