

プロジェクト事後評価報告書

評価委員会開催日：平成23年11月22日

評価委員：（敬称略、五十音順）

榎 学 東京大学大学院 工学系研究科 教授

竹山雅夫 東京工業大学大学院 理工学研究科 教授

山崎裕文 産業技術総合研究所 エネルギー技術研究部門 グループ長

確定年月日：平成24年4月3日

プロジェクト名	ナノミクロ組織制御による構造材料の高性能化技術の構築
研究責任者の所属・役職・氏名	元素戦略材料センター長 （元新構造材料センター長） 津崎兼彰
実施期間	平成18年度～平成22年度
研究目的と意義	資源生産性の向上の要望に応えるべく、合金元素添加をできるだけ抑え、ナノ～ミクロの階層的組織制御によって、鉄鋼、マグネシウム合金、アルミニウム合金、チタン合金などの金属系構造材料やその継ぎ手の高性能化（高耐久性・高成形性・高靱性）を達成する。
研究内容	<p>目標達成のための手段はマルチスケールの組織制御である。表界面への元素の濃縮・希薄化、第二相粒子のナノ安定化・形態制御、結晶粒微細化と結晶方位配向などの組織制御技術を開発して目標を達成する。</p> <p>5年プロジェクトの前半は、特性目標を達成するための組織制御法および評価解析法の基盤構築に注力する。さらに事前評価でのコメントを受けて、<u>目標達成のための材料特性のブレークスルーの目途付けを中間評価までに示すことをプロジェクトの加速目標とした。</u></p> <p>プロジェクトの後半は、特性向上の機構を解明するとともに、量産化可能なプロセスの検討などを行い、金属系構造材料やその継ぎ手の高性能化技術の構築（<u>量産化可能プロセスでの材料特性の大幅向上</u>）という最終目標を達成する。</p>
ミッションステートメント（具体的な達成目標）	<p>小型軽量化としては、従来マグネシウム合金と延性が同等で、かつ降伏強度を増加させた高強度マグネシウム合金（350MPa、15%）を設計・開発する。また、従来のチタン合金の限界を超える高温域でも使用可能な高温用軽量高強度チタン合金を設計・開発する。さらに、高強度鋼と溶接部の信頼性向上のための靱性向上技術（1,500MPa超で衝撃吸収エネルギー300%アップ）を開発する。</p> <p>長寿命化としては、二酸化炭素の総発生量の削減に資するため、ナノ析出物の長時間安定化技術等により石炭火力発電プラントでの使用温度の向上（従来より50℃アップ）を可能とする耐熱鋼を設計・開発する。また、CuやNiを使わずに腐食速度従来比1/10を達成する耐食鋼技術を設計・開発する。</p>
平成18年度～平成22年度までの主な研究成果（アウトプット）及び研究成果から生み出された（生み出される）効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）	<p>1) 主な研究成果（アウトプット）：</p> <ul style="list-style-type: none"> 希土類元素を添加しない高強度高延性の高性能マグネシウム合金を開発 汎用マグネシウム合金展伸材の強度・延性レベルを凌駕。準結晶粒子の分散、母相結晶粒の微細化、結晶粒方位の分散制御によって達成。 超高強度鋼の高靱性を低合金鋼化学成分で達成 1,800MPaの高強度レベルで室温衝撃吸収エネルギーを従来の20Jから200J以上へ向上。CoやNiなどの希少元素を使わずに達成。超微細伸長粒組織による層状破壊を活用。 反応速度を制御できる樹脂被覆型の金属系ナノ粒子材料を開発 樹脂被覆によってナノ金属粒子の化学的安定性と徐放性を達成。 650℃で使用可能なフェライト系耐熱鋼を開発 長時間クリープ強度向上や溶接継ぎ手部のクリープ強度劣化を抑制する合金設計指針とともに開発（従来の上限温度610℃）。 高温用軽量高強度チタン合金を設計・開発 Mo、Fe添加によりTi₂AlNb基合金のクリープ特性を大幅に向上。

	<p>2) 研究成果から生み出された（生み出される）効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）：</p> <p>耐熱鋼サブテーマの研究では、フェライト系耐熱鋼のクリープ強度向上の機構解明とともに大型部材化の検討も行った。これらの成果が認められて、経産省「先進超々臨界圧火力発電実用化要素技術開発費補助金事業」（平成20年度から28年度）において、大学および中立研究機関としては唯一、NIMS開発材が火力プラント候補材として採用された。</p> <p>高性能マグネシウムおよび超高強度鋼のサブテーマはそれぞれ企業との共同研究による実用化ステージへと展開した。また JST の CREST 元素戦略を基軸とする物質・材料の革新的機能の創出プログラムや産学共創基礎基盤研究プログラムなど競争的研究資金の獲得につながった。</p>
<p>プロジェクトの目標の達成度合い及び自己点検・評価</p>	<p>プロジェクトの目標の達成度合い： 大きな成果を挙げており目標を十分上回った。</p> <p>自己点検・評価： 当初プロジェクト数値目標をすべて達成したく数値目標：降伏強度350MPa（従来の2倍）で伸び15%以上のマグネシウム合金展伸材、1,500MPa超級の高強度棒鋼で衝撃吸収エネルギー300%アップ、650℃で長時間使用可能なフェライト系耐熱鋼（従来は610℃）、NiやCuなどの希少元素レスで腐食速度1/10の耐食鋼技術。さらに溝ロール圧延や押し出しなど量産化可能プロセスでの材料特性の大幅向上を提示できた。耐熱鋼、マグネシウム合金、高強度鋼については実用化に向けた企業との共同研究フェーズへと着実に移行できた。加えて、韌性の逆温度依存性という現象を見出して鉄鋼材料の機械的特性でScience誌に論文が掲載された。またプロジェクト研究成果は5年連続でNIMS主要研究成果に採択されるなど、構造材料研究のプレゼンス向上に寄与した。</p>
<p>【評価項目】</p>	<p>コメント</p>
<p>①研究計画、実施体制、マネージメント、連携 （計画はきめ細かったか、ロードマップに問題はなかったか、実施体制は十分だったか、マネージメントの是非、連携の範囲や連携課題、連携の成果はどうだったか、どこが問題なのか、ほか）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄鋼から軽量非鉄金属材料までの幅広い材料を取り扱い、優れた研究成果が多く得られている。 ・サブテーマごとの材料において、細かく計画・体制を修正するなどして十分な成果が得られるようにマネージメントを行ったことは評価できる。 ・一見するとばらばらと思えるサブテーマについて材料設計コンセプトを通じての連携を行ったり、サブテーマ間の資金配分やテーマの取捨選択をきめ細かく行ったりしており、マネージメントは適切であったと思われる。 ・研究マネージメント体制は自己に厳しい姿勢で臨んでおりメリハリをつけて行っている。 ・NIMSを核として日本全体に構造材料を広げる努力が感じられる。 ・国内の他研究機関とより積極的な連携をし、構造材料研究をリードするような枠組みの構築もあってもよかったかと思われる。
<p>②研究開発の進捗状況及び具体的目標の達成度 （研究責任者の自己点検・評価を踏まえて、進み具合はどうだったか、目標は達成されたか、目標は具体的であったか、世界レベルで見ると目標は高かったか・低かったか、問題点は何か、ほか）</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ほとんどのサブテーマについて、当初の目標を超えた成果が得られている。 ・各種金属材料の特性改善に関する基礎研究に取り組み十分な成果が得られている。数値目標だけにこだわらずに基礎的研究の継続が重要と思われる。 ・世界的に見ても高いレベルの特性を有する材料の開発が可能となってきている。 ・超鉄鋼プロジェクトのシーズを伸ばす研究に着目し、その知見を他の材料に展開するという視点からサブテーマを組み、相応しい成果を挙げている。しかし、サブテーマ間の情報交換が有機的に行われたか否かについては不明である。 ・このプロジェクトは構造材料として一つの試みであり、現時点で多くの成果を期待するのは無理がある。今後の展開に期待したい。

<p>③論文・特許等の直接の成果（アウトプット）、効果・効用（アウトカム）、波及効果（インパクト）</p> <p>（世界レベルの質の成果が出たか、どのような効果・効用あるいは波及効果が出たか（期待されるか）、研究タイプを考慮した費用対効果は、問題点は何か、ほか）</p>	<ul style="list-style-type: none"> 論文・特許に関しては十分なアウトプットが得られている。また著名ジャーナルに論文が掲載されるなどして波及効果も大きい。 鉄鋼という実用的な構造材料をテーマとしながら、（生物工学や新材料などの記事の多い）Science 誌に論文が掲載されたことは大きな成果である。 費用対効果として優れた業績を挙げている。 特にマグネシウム合金については、後発であるにも関わらず優れた成果を挙げている。 別途実用を目指した開発を行っており、直接的に目にみえる形でも成果が得られている。 異方的で特殊な組織によって低温度での靱性が向上するという現象を基にして色々と実用化についても検討しているようであり、その点でも評価できる。 	
<p>④総合評価</p> <p>（研究全体に対する総合的所見、及び上記評価項目①～③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>	<ul style="list-style-type: none"> 全体として優れたプロジェクトであった。 構造材料の実用化にあたっては通常15～20年程度の期間が必要とされる。ここで得られてきた成果を発展させるためにも引き続き継続的にこの分野での研究を行うことがNIMSには期待される。 構造材料分野は長期的展望を持って取り組むべきであり、短期的な成果ばかりを強調するべきではない。1つでも未来につながるシーズがあればそれは何にも増して大きな成果だと思う。本プロジェクトではそれが何かを明確に示して欲しい。 構造材料は、工学的に非常に重要であるにもかかわらず、教育・研究の現場で人気がないようなので、優れた研究を次世代に引き継いで欲しい。 正直、このプロジェクトを5年間遂行するのは大変だったと思う。しかし、全体像を眺めながらNIMSで足りない部分は国全体で展開しようとする意欲は高く評価でき、今後のNIMSのあり方を示唆するものであろう。本日評価した他の二つのプロジェクトに比べるとこの点が明確であった。 	
<p>各委員の総合評価点 （10点満点）</p>	<p>8、8、6（順不同）</p>	
<p>総合評価点平均 （10点満点）</p>	<p>7.3（小数第二位以下四捨五入）</p>	
<p>総合評価点</p>	<p>評価</p>	<p>評価基準</p>
<p>10</p>	<p>S</p>	<p>全ての点において模範的に優れていた。</p>
<p>9</p>		<p>多くの点において非常に優れていた。</p>
<p>8</p>	<p>A</p>	<p>総合的に優れていた。</p>
<p>7</p>		<p>優れたプロジェクトであった。</p>
<p>6</p>		<p>平均的なプロジェクトであった。</p>
<p>5</p>		<p>一部の計画の見直しが必要であった。</p>
<p>4</p>	<p>B</p>	<p>期待されたほどではなかった。</p>
<p>3</p>		<p>計画を見直して継続すべきであった。</p>
<p>2</p>	<p>C</p>	<p>プロジェクトの見直し、計画の抜本的な変更が必要であった。</p>
<p>1</p>		<p>大きな問題があり、プロジェクトを中止すべきであった。</p>