

プロジェクト事前評価報告書

評価委員会開催日:平成 27 年 3 月 30 日

評価委員:(敬称略, 五十音順)

芹澤 愛 芝浦工業大学 材料設計工学研究室 助教

中島 英治 九州大学 大学院総合理工学研究院 教授

中西 栄三郎 東京製鐵(株)技術開発部 部長

藤居 俊之 東京工業大学 大学院理工学研究科 教授

確定年月日:平成 27 年 5 月 27 日

プロジェクト名	グリーンプロセスを用いた高性能構造材料の創製
研究責任者	御手洗容子 構造機能融合材料グループ グループリーダー
【評価項目】	コメント
①プロジェクトの目的、意義 [社会的・国家的要請等に応える目的が設定されているか、既存プロジェクトとの重複が無い、ほか]	<ul style="list-style-type: none">・本プロジェクトは、燃焼機関の熱効率向上、温室効果ガス削減を実現しうる耐熱材料の創製を目的とし、特に、環境調和型（グリーン）プロセスの開発および製造プロセス最適化のための組織・特性予測モデルの構築を両軸として達成することを目指している。・火力発電プラントや航空機の燃焼機関の部材として用いられる耐熱材料の高性能化、およびそのプロセス技術の革新的進歩は、社会的に強く求められている。・本プロジェクトは極めて重要な責務を担っており、成果への期待も大きい。・化石燃料埋蔵量の少ない我が国にとっては材料工学的観点からの解決が適当であり、好ましい。・耐熱材料研究は我が国がリードしてきた強みがあることから、本プロジェクトはぜひ取り組むべき重要課題である。・既存プロジェクトとの重複はわからないが、国家的要請等に応える目的が設定されている。・併行して進行中の SIP プロジェクトとの役割分担は明確にされている。・重複は排除しつつ、NIMS 内で有機的な連携が進められる提案を期待する。・組織・特性予測モデルに基づいたプロセス最適化、取り外し可能なグリーンインテグレーションなど、斬新なアイデアに基づいた技術革新も盛り込まれており、新規性も十分ある。・互いの成果が有効に共有できる実質的な連携を期待する。・個々のサブテーマの目的は明確であり、耐熱材料を俯瞰的に捉えたときに要請される研究テーマが設定されている。・三次元（3D）積層技術は今後必要不可欠な技術である。・3D 積層技術で作製される材料の組織は急冷組織に近く、非平衡である。したがって、高温長時間環境下での組織変化などが非常に懸念される。本点を克服することが、本プロジェクトの焦点となる。むしろ、低温で使われる材料を志向してはどう

	<p>か.</p> <ul style="list-style-type: none"> ・事前評価委員会の質疑で、3D 積層技術の Ti 合金への適用を考えているとの回答があり、非常に素晴らしい研究企画である。 ・サブテーマ2の「構造材料のためのグリーン&セイフティーインテグレーション」で研究対象とする「接合技術」は、同時期に開始される構造材料に関する他のプロジェクト「界面制御による構造材料・構造体の高信頼化」のサブテーマ2「マルチスケール接合技術の開発」が対象とする技術と全く異なる分野とはいえない。
<p>②プロジェクトの具体的な達成目標 (学術的レベル、技術的レベル、社会的価値、経済的価値、将来新しい研究開発分野となるか、実用材料につながるか、産業界にとって重要か、重要特許になりうるか、達成目標は妥当か(高すぎる、低すぎる))</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・学術的、技術的レベルについては、プロジェクト全体としては十分高いレベルに達している。 ・目標は将来の産業にとって重要であり新しい価値をもたらすものとなっている。 ・本プロジェクトで扱っている構造材料は、実用材料としても社会基盤材料として必須の材料であることから、産業界への波及効果が大きい。 ・2011年の大震災後、耐震・免震構造の重要性や構造材料の材料信頼性の重要性が再認識される昨今、本プロジェクトの社会的価値、経済的価値は高い。 ・本プロジェクトでは、新規材料の提案に留まらず、プロセス提案にまで目標を設定していることは高く評価できる。 ・純粋に学術的なブレークスルーへの期待もあるが、着実な課題解決と新プロセス技術の確立を望む。 ・全体に、プロセスに深くかかわるものが多い印象であるが、プロセス、デバイスの進化とどのように連携し、材料基礎をやるのか、ここをしっかりとっておくことで求心力が生まれる。事前評価委員会での説明では、この部分が聞けなかったが検討してほしい。 ・サブテーマごとにターゲットとする構造材料は具体的に列挙されており、産業応用を見据えた技術開発につながる事が期待できる。 ・提案されている数値目標はいずれも妥当であり、計画通り研究が進めば、大きな成果に結びつく。 ・数値目標が明示されているサブテーマと数値目標が明確でないサブテーマが混在している。 ・数値目標が示しにくいテーマであっても、いつまでに何を達成するかの提示は必要である。 <p>【サブテーマ1】「微粒子積層プロセスによる高信頼性部材造形技術の確立」について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・世界的にも注目度の高い3D積層技術を用い、3D積層技術が得意とする材料、部材が適切に選択されている。 ・本技術で作製した部材の市場拡大を図る上で不可欠な研究である。 ・3D積層装置は海外製のものがほとんどで、得られた結果はその装置条件に依存する。日本製の3D積層装置の開発研究とのリンクがあれば、世界に誇れる研究プロジェクトとなる。

・耐熱鋼，Ti 合金，Ni 合，金属間化合物，セラミックスなどの先端材料をプロジェクトの対象としており，意欲的である。

・各合金の，融点などの物性値の相違による 3D 積層化の条件の相違など，技術的な問題が大きい。本プロジェクトではそれぞれの対象物質で，計画が立案されており，問題ない。

・コーティング技術も盛り込まれていることから，3D 積層体の製造技術なのか，コーティング技術なのか絞りきれない印象がある。

・高信頼性を与えるために，マクロな欠陥・界面制御を行うのか，特異的な熱流にともなうミクロな微細組織形成制御を行うのかについて，技術確立に対する研究推進の切り口がやや曖昧である。

【サブテーマ 2】「構造材料のためのグリーン&セイフティーインテグレーション」について

・構造材料の多種多様化，用途の拡大に伴い，従来求められていなかった接合技術が必要になることは自明であり，新たな接合技術開発の重要性は高い。

・本サブテーマは，プロジェクトの大目的に沿った高温で使用するときの熱膨張による応力緩和構造の開発や，取り外し可能な接合技術に挙げられる様に，将来の新しい研究開発を推進する内容となっている。

・構造材料に求められる特性，さらには応力緩和等の構造材料として用いる際に重要となる観点にフォーカスした技術開発が望まれる。

・接合は高温環境を対象としているようであるが，E V等の進化は電子デバイスのパワーモジュールの超高性能化にも関係する。熱的处理と熱ひずみに関わる接合技術等も研究対象に考えてはどうか。なぜ，それが無いのか不思議に思う。

・「構造材料の接合」に即した技術開発に特化されているかについてはやや曖昧であり，総花的にあらゆる組み合わせの異種接合技術を開発するような印象がある。

【サブテーマ 3】「デザインインテグレーション」について

・多元系多結晶材料の耐熱性を飛躍的に向上させるためには，材料に対する熱処理，加工プロセス中のミクロ組織変化を精密に制御することによる材料強化手法が不可欠である。

・本プロジェクトで対象としている耐熱材料は力学的信頼性が高いレベルで求められる材料であり，微細組織変化に基づいた力学特性予測システムの構築は意義深い。

・本技術はドイツにおいては国家プロジェクトとなっており，我が国も早期の取り組みが不可欠な技術であり，学術的のみならず産業界にとっても重要な技術要素である。

・特性予測システムの開発に当たっては，ミクロ組織の形成に関わる析出等の各種現象は，互いに独立とするのか，あるいは相互作用まで含めた協調的な変化を組み込めるのかについて今一度検討し，ミクロ組織変化とそれに基づく特性をデータベース化する指針を明確にする必要がある。

	<p>【サブテーマ4】「高性能耐熱材料の創製技術開発」について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・エンジンやタービン部材の耐熱性向上は、燃焼機関の熱効率向上による環境問題対策の観点から直接的な効果が見込まれる技術開発であり、社会的な要求は高い。 ・実用材料の特性改善、新規開発を目指しており、より耐熱性の高い材料を開発できれば、即時の材料置換が見込まれ、産業界にとっても波及効果は大きい。 ・プロセスの最適化においては合金製造プロセスのターゲットが広い印象を受ける。 ・プロジェクトの実施期間内で最大の研究成果をあげるためには、鍛造、単結晶作製、粉末冶金といった製造プロセスの優劣を検討して、実施期間初期に狙いを絞り込み、よりフォーカスした研究の実施が望ましい。 <p>【サブテーマ5】「プロセスセレクションによる高温機能発現」について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・耐熱材料に表面処理を施すことで耐酸化性等の各種特性を向上させることは、材料への後処理で特性を付与することができることから、新規技術の開発による産業的な貢献度が高い分野である。しかしながら、表面処理法、向上を目指す具体的な特性、特性の向上幅（数値）が明確でなく、達成目標がやや漠然としているのでターゲットを絞り込むとよい。 ・特許取得に関する計画と目標値は示されていないものの、企業との共同研究によって、研究成果の権利化の可能性は高い。 ・組織・特性予測モデルに基づいたプロセス最適化、取り外し可能なグリーンインテグレーションなど、斬新なアイデアに基づいた技術革新も盛り込まれており、特許取得可能な技術要素も見出せる。
<p>③プロジェクトの計画、ロードマップ、推進体制、マネジメント、予算計画 (研究達成目標の実現可能性、計画の問題点、研究成果の最大化のための推進体制、マネジメント、予算用途の問題点、ほか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・本プロジェクトは、構造材料の中でも環境問題対策への貢献度が高い耐熱材料開発を進めるものであり、耐熱材料開発に必要な技術要素が過不足なく盛り込まれた計画となっている。 ・材料基礎だけに自分たちの領域を決めずに、多くの関連技術を取り込んでいける、あるいは、集まってくるようなやり方を志向してほしい。 ・ある水準のモノで検証するなど、わかりやすさも必要ではないか。 ・本プロジェクトの推進体制は、NIMS 内の参加者のみではあるが、十分な計画推進が可能となるポテンシャルを有する。 ・これまでの責任者の実績は本プロジェクト推進に十分である。 ・サブテーマ責任者の実績には問題はない。 ・機構内で密接な情報交換を行い、プロジェクト全体の成果に対する相乗効果を期待する。 ・本プロジェクトは、5つのサブテーマから構成されており、サブテーマ間での連携が予定されている。サブテーマごとの研究内容については、これまでの実績に基づいて、精緻に計画がなされており、目標達成の実現性は高い。 ・工程表上では具体的な連携が、いつ、どのように進められるかの計画が明示されていない。

・サブテーマの領域にとらわれないロードマップが示されており，NIMS 内で推進するプロジェクトの利点を活かした研究テーマの連携が見込まれる。

・サブテーマ1と2等は，プロセス技術，あるいは装置開発と並行して進める研究領域のように思える。自動車関係でドイツの成功は，この連携が際立って優れていることが大きな要因と考えているが，プロセス技術と材料基礎研究をどのように関係づけて行うのか重要である。研究マネジメントとしても特に留意する必要がある。

【サブテーマ1】「微粒子積層プロセスによる高信頼性部材造形技術の確立」について

・3D 積層造形体の製造技術，コーティング等の後処理技術のどちらに特化するのかを明確にし，両技術を含む場合は，両者の関連を意識したプロジェクトの実施計画があるとよい。

・ロードマップに関しては，プロセス最適化のためのマイルストーンは研究実施期間に対して順当に設定されている。

・3D 積層造形技術においてはビーム種の選択も重要な要素となるため，もう少し広い視点からのプロセス最適化を検討することが望ましい。

・予算計画に関しては，サブテーマの事業目的に対しては発展的な内容であるセル構造体の作製および力学特性評価を行う設備を平成 28, 29 年度に導入する計画となっている。本プロジェクト内で最大の予算配分を占めていることから，ロードマップに準拠した効率的な設備導入計画となっているか再検討することが望ましい。

【サブテーマ2】「構造材料のためのグリーン&セイフティーインテグレーション」について

・本プロジェクトにおいては，新しい接合技術開発が盛り込まれていることから，信頼性評価技術の確立も重要な項目であり，評価法も含めた接合技術開発が必須となる。

・ロードマップにおいては，接合分野における新規イノベーションの創出から接合強度の評価法確立までが実現が期待できるようなマイルストーンが明示されている。

・予算計画に関しては，設備備品の計上がないが，取り外し可能な接合技術といったイノベーションの創出や評価法確立を進めるに当たって既存の設備で十分かがやや気がかりである。

【サブテーマ3】「デザインインテグレーション」について

・本プロジェクトで対象とする合金のマイクロ組織因子は多種多様であり，特に集合組織形成まで含めると複雑さが倍増する。

・どの程度，一般化してモデル化していくのか，マイクロ組織因子間の相互作用はどう処理するのかについては，研究実施前にある程度指針を立ててから本プロジェクトをスタートすることが望ましい。

	<ul style="list-style-type: none"> ・研究実施計画はよく練られており、得られた成果が次年度にフィードバックできるような構成となっている。 ・予算計画に関しては、ロードマップに示された研究項目に対して消耗品費の計上がやや多い。 <p>【サブテーマ4】「高性能耐熱材料の創製技術開発」について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料製造法は、ほぼ全ての手法が挙げられているので、プロジェクト実施前半である程度絞り込むとよい。 ・加工・熱処理を活用した析出強化も取り込めると、さらに高いレベルでの合金設計が可能になると期待できる。 ・傾斜材料の必要性は再検討する必要がある。 ・ロードマップに関しては、具体的な計画が見えず、研究実施計画を確実に立てる必要がある。 ・予算計画に関しては、本プロジェクトでの設備導入が粉末焼結法による合金作製に偏ったものとなっていることから、ロードマップにおいてもそれらの必要性を明確に提示してほしい。 <p>【サブテーマ5】「プロセスセレクションによる高温機能発現」について</p> <ul style="list-style-type: none"> ・あらゆる種類の表面処理、さらには接合を対象とするような印象を受けるため、求められる表面処理（基材と表面処理法の組み合わせ）や接合（接合を必要とする母材の組み合わせ）、求められる機能を整理する必要がある。 ・ロードマップに関しては、優先順位を示すことが望ましい。 ・予算計画に関しては、導入する設備や導入時期は妥当であるが、消耗品費の計上が十分であるかが気付きである。 ・国内外の大学や企業との共同研究が計画されていることは評価できる。 ・互いの研究の進捗状況を把握する連絡会や、勉強会、研究集会、成果報告会等の積極的開催を希望する。この点において、マネジメント体制のより具体的検討を必要とする。 ・サブテーマ間の連携について、新たな仕組みの導入により、研究環境の活性化を図る必要はないか、さらなる検討を望む。 ・最終年度には、プロジェクト全体での最終成果物として、高性能材料が提案される計画であるが、試作段階での短期的計画が検討されると、より着実な成果に結びつく。 ・基礎研究が次のステージに移行できるとどのように判断するのか、検証の方法を明確にしておく必要がある。 ・研究の困難さによる計画の見直し等に対しても配慮がなされるべきである。
<p>④見込まれる直接の成果(アウトプット)、効果・効用(アウトカム)や波及効果(インパクト) (質の高い成果は期</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・プロジェクト責任者は、耐熱材料における豊富な知識、開発経験を有することから、本プロジェクトの研究成果が大いに期待される。 ・推進体制については、多くの実績のある研究者が各サブテーマのリーダーを担っており、いずれのサブテーマも十分な研究者により構成されている。

<p>待できるか、論文・特許数は十分出そうか、新技術や実用材料につながるか、多くの外部資金獲得・共同研究につながるか、他分野への波及効果は、ほか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・研究の推進ならびに研究成果の発信の面において申し分ない。 ・サブテーマ間での連携が図られることとなっているが、その連携から生まれる具体的な成果や相乗効果については、明確にされていない。 ・サブテーマが個別に閉塞的な環境で進められることを避け、成果の最大化に寄与する連携に期待する。 ・本プロジェクトは、NIMS 内の研究者のみによって構成されているため、研究の推進と共に必要な学問・技術が生じた際には、産学への積極的な連携が必須となる。 ・外部との連携を通じて、特に新技術開発を加速させるとよい。 ・国内外の連携については、一つの研究トピックに対して複数の連携先が示されているため、有機的な連携体制を構築していくことが望ましい。 ・論文・特許件数は十分期待できる。 ・研究の性格上、数多くの特許取得が期待できる。 ・サブテーマごとの年度ごとの数値目標として、論文の公開数が明示されておらず、学術面での飛躍的成果は未知数である。 ・本プロジェクトの目的に新プロセス技術の確立があげられていることから、研究が計画通り進行すれば、成果の産業界への波及効果は大きい。 ・新技術の提案には大きな期待が持てる。 ・新技術の開発も本プロジェクト内に多く盛り込まれており、技術的なイノベーションの創出も期待できることから、多数の特許取得が見込める。 ・実用材料を対象としているので、実用化へのステップは比較的容易であり、耐熱材料の市場規模が大きいことから産業界への波及効果も大きい。 ・具体的な部材への応用例も想定されており、実用材料の性能向上への寄与は大きい。 ・実用につながるかという点では、想定している先端領域では、プロセス技術の進化も大きいと思われるので、独善的にならないように注意する必要がある。 ・材料技術は極めて高度だが、応用しようとするするとトレードオフを解消できない、あるいは、材料技術だけではなく関係する要素技術と巧く融合し大きな効果を発揮するとか、何がイノベーションの鍵となるかしっかりと考えるようにしてほしい。 ・プロセス・デバイス開発と上手く連携というか取り込みながら進めることが実用化へつながる。 ・3D 積層技術は世界中で研究が行われている。できるだけ早く、特許、規格化の検討を行っていただきたい。
<p>各委員の総合評価点 (降順, 10 点満点)</p>	<p style="text-align: center;">9, 8, 8, 8</p>
<p>総合評価点平均 (10 点満点)</p>	<p style="text-align: center;">8.25</p>
<p>その他 ①～④に入らない所見、またチャレンジングである、学際的であ</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・これまで構造材料に特化した大型プロジェクトは決して多くはなかったが、構造材料に焦点を当て、その中でも次世代の耐熱材料開発に特化した今日的かつ意欲的

<p>るなど、プロジェクトの性格について、あるいはプロジェクトに対する印象など自由にご記入ください</p>	<p>研究である。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・材料工学の観点からのものづくりの優位性を獲得するためにも、是非推進すべき課題である。 ・NIMS 内の他の運営費交付金プロジェクトとの連携が示されれば、さらなるプロジェクトの発展が期待できる。 ・プロセス・試作技術をいかに取り入れながら進めるかが鍵ではないか。 ・各サブテーマを担当するグループ間の研究実施体制が合理的かを再確認し、NIMS 内の研究員で構成されているプロジェクトの連携のよさを発揮することで、プロジェクトの大目的に沿った効率的な研究推進が望まれる。
---	---

第 4 期中期計画プロジェクトの事前評価基準

評価点	評価	評価基準
10	S	全ての点において模範的に優れている。
9		特に顕著な成果が期待できる。 計画はそのまま推進すべきである。
8	A	総合的に優れている。
7		顕著な成果が期待できる。
6	B	平均的なプロジェクトである。
5		着実な成果が期待できる。
4	C	全体的に工夫、改善の余地が大きい。
3		計画を大幅に修正する必要がある。
2	D	大きな問題があり、プロジェクトを中止すべきである。
1		プロジェクトの抜本的な見直し、計画の抜本的な変更が必要である。