

プロジェクト中間評価報告書

評価委員会開催日：平成20年10月1日

評価委員：（敬称略、五十音順）

川原田 洋 早稲田大学先進理工学研究科 教授
 酒井 茂男 三菱重工業（株）技術本部名古屋研究所 所長
 野口 博司 九州大学大学院工学研究院機械科学部門 教授

確定年月日：平成20年12月3日

プロジェクト名	フェイルセーフハイブリッド材料
研究責任者の所属・ 役職・氏名	コーティング・複合材料センター センター長 黒田聖治
実施期間	平成18年度～平成22年度
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>近未来の構造材料として、破壊が開始しても一定時間は荷重を支えられる能力（フェイルセーフ機能）を有する材料の設計・製造・評価指針を提案する。輸送やエネルギー分野で重要な複合材料や表面コーティングでフェイルセーフ機能を実証し、より安全・安心な構造体を得るための材料技術として産業界へ普及を図り、社会に貢献することを目指す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・共通の研究基盤として自然界に存在するフェイルセーフ機能を有する材料の構造や破壊機構を究明し、壊れ始めても力を負担し続けられるという効果を得るための構造設計の指導原理や特性の評価指針を得る。 ・具体的に開発する材料系としては、炭素繊維強化型高分子複合材料（CFRP）などの軽量構造材料、セラミック系複合材料（CMC）などの耐熱構造材料、耐環境コーティングの3分野とする。 ・各材料系でナノ複合化、マルチスケール破壊機構、ハイブリッド効果などを融合して、フェイルセーフ機能を発現させる。 ・さらに異種材料とのハイブリッド化を通して新しい实用構造材料の開発に寄与できるコンセプトを世の中に送り出す。フェイルセーフハイブリッド材料を用いることにより、既存の材料技術の延長では得られない「高信頼性・安全性」を保障できる構造体を実現できることを実証する。 <p>研究計画概要：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サブテーマ1：貝殻真珠層の微細構造や機械特性・破壊機構を解明し、フェイルセーフ材料の設計・評価指針を導出する。 ・サブテーマ2：耐熱高分子をマトリックスとした炭素繊維複合材料の製造技術を確立し、異種繊維のハイブリッド化やナノ複合効果を用いてフェイルセーフ機能を付与する。 ・サブテーマ3：繊維強化型セラミックスとセラミックスの積層ハイブリッド材を設計・試作し両者の接合界面を最適化してフェイルセーフ機能を付与する。 ・サブテーマ4：ナノコンポジット組織を有する皮膜をスプレープロセスに基づいて実現し、最適設計によりナノレベルからの高靱化機構発現を目指す。 <p>さらに3つの材料要素技術とバイオミメティックス研究から得られた指針を組み合わせてハイブリッド材料を設計・試作し、フェイルセーフ機能を実証する。</p>

<p>平成18年度～平成20年度中間評価時までの成果等</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）： 全体の進捗状況として複合化やハイブリッド化によってフェイルセーフ機能が得られつつある。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・サブテーマ1（バイオメティックス）：アワビの貝殻真珠層についてTEM中の引っ張り試験等によって従来は単結晶と考えられていたアラゴナイトプレートがナノ結晶の集合体であること、破断時にプレート間の有機膜層がファイバー状に伸展して大きなひずみ許容性を示すことなどを明らかにした。また、フェイルセーフファクターを設計値以上での応力-ひずみ曲線の面積と定義した。 ・サブテーマ2（高分子系）：10気圧以下でポリイミドをマトリックスとしたCFRPを固化成型できるプロセスを開発した。また、高強度と高剛性の二種類の強化繊維および高分子マトリックスへの高含有量のセラミックスナノ粒子分散強化を組み合わせることによってフェイルセーフ機能を実証し、従来品より高いフェイルセーフファクターを示すことを明らかにした。 ・サブテーマ3（セラミック系）：Al₂O₃繊維/Al₂O₃系マトリックス複合材料とAl₂O₃のハイブリッド材料を作製し、両者の界面強度を制御することによってフェイルセーフ機能を実現できることを実証した（2.5%以上の破断ひずみ）。 ・サブテーマ4（耐環境コーティング）：スプレー法によってナノ組織を維持した複合セラミックス皮膜を試作した。粒子、短繊維強化による高剛化の効果が認められた。Warm Sprayによって流動性の乏しい高分子ポリマーの成膜に成功した。 <p>フェイルセーフ機能によって従来とは異なる構造体設計の可能性が出てきたので、今後は企業の関心も高まるものと期待される。</p>
<p>【評価項目】</p>	<p>コメントおよび評価点</p>
<p>①研究開発の目的・目標管理・マネジメント</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ナノ複合材料との組み合わせで、フェイルセーフ機能を付与する考え方は興味深い。但し、フェイルセーフ機能＝高靱性化だけでなく、疲労等についても広く考えて進めてほしい。 ・貝のナノグレイン組織での粒界物質としての有機物が破壊エネルギーの吸収に役立つことを明らかにし、この機構を検討材料における強度上昇に生かしている。 ・フェイルセーフは単に応力・歪曲線でのみ定量化できるわけではない。いくつかのフェイルセーフ因子を考えるべきである。 ・平成21年度に開始する予定の応用展開について、早急に決定する必要がある。
<p>評価基準</p>	<p>評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10の10点満点）を、下記評価基準を参考に記入してください。： 9：よく練られており、全く問題ない。 7：優れている。 5：概ね問題はない。 3：修正が必要である。 1：大きな問題がある。プロジェクトを中止すべきである。</p>
<p>各委員の評価点</p>	<p>6、7、5（順不同）</p>
<p>平均評価点</p>	<p>6.0</p>

<p>②研究開発の進捗状況及び進め方</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・バイオメテックスコンセプトとして自然界の高靱性化機構を明確にし、その結果を材料にフィードバックする手法は良い。 ・バイオメテックスデザインは、より広範囲で多角的なものがないと、本当に必要な生物の構造の模倣にはならない。 ・ハイブリッド化によりフェイルセーフファクター（Ω）を上昇させる指導原理となる物性を探索すべきである。 ・フェイルセーフファクターと実用上の有意性を関連づけられる実例があるとよい。 ・フェイルセーフ機能の目標値を明確にして進めてほしい。もともと値の小さな材料を何倍にしても成果は出ないと考えられる。 ・研究内容を学問的にもっと深めてほしい。
<p>評価基準</p>	<p>評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10の10点満点）を、下記評価基準を参考に記入してください。：</p> <p>9：極めて順調であり、研究資源の再配分を増やすべきである。</p> <p>7：優れており、このまま継続すべきである。</p> <p>5：進み具合は妥当である。</p> <p>3：進み具合が遅れており、計画の見直しが必要である。</p> <p>1：大幅に遅れており、研究を中止すべきである。</p>
<p>各委員の評価点</p>	<p>5、7、6（順不同）</p>
<p>平均評価点</p>	<p>6.0</p>
<p>③論文、特許等の直接の成果、効果・効用、波及効果</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・フェイルセーフファクターを産業等へ展開するための活動を十分に行っているのか。企業との協同研究に活動を展開することで、示してほしい。 ・研究内容と実用化の関係が不明確である。研究をもっと深めてほしい。
<p>評価基準</p>	<p>評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10の10点満点）を、下記評価基準を参考に記入してください。：</p> <p>9：質・量共に世界的水準である。</p> <p>7：優れた成果・効果が出ている（見込まれる）。</p> <p>5：平均的水準である。</p> <p>3：平均より少なく、対応策を練る必要がある。</p> <p>1：質・量共に大いに問題があり、プロジェクトは中止すべきである。</p>
<p>各委員の評価点</p>	<p>6、5、8（順不同）</p>
<p>平均評価点</p>	<p>6.3（小数第二位以下四捨五入）</p>
<p>④総合評価</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ナノ複合材としての新しい知見が出てきており、今後のプロジェクト活動につなげてほしい。 ・強度を決定する要因をサイエンスにまで高めることに重点を置くべきである。 ・実用化を視野に入れて、実使用環境（想定される部材・製品、実際の負荷形態、設計クライテリア等）を十分考慮して、研究を実施してもらいたい。 ・外部資金をもっと獲得し、基礎的研究もできる環境を自主努力で作ることが望ましい。

	評価基準	総合評価点（1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10の10点満点）を、 下記評価基準を参考に記入してください。： 9：すべての点において模範的に優れている。 7：総合的に優れている。 5：平均的なプロジェクトである。 3：期待されたほどではない。計画の見直しが必要である。 1：上記評価項目①～③の評価結果に大きな問題があり、研究を 中止すべきである。
	各委員の 評価点	7、6、5（順不同）
	平均評価 点	6.0
その他 （気になる点、ヒアリングの第一印象など、なんでも） 特になし。		

なお平均評価点は、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を併記する。
評価委員の点数の平均点（小数点第二位以下四捨五入）をXとすると、S: $X=10$, S-: $9 \leq X < 10$, A+: $8 \leq X < 9$, A: $7 \leq X < 8$, A-: $6 \leq X < 7$, B+: $5 \leq X < 6$,（以下同じ考え方）・・・とする。

平均評価点まとめ

研究開発の目的・目標管理、マネージメント	研究開発の進捗状況及び進め方	論文、特許等の直接の成果、効果・効用、波及効果	総合評価
A-	A-	A-	A-