

プロジェクト中間評価報告書

評価委員会開催日：平成25年12月24日

評価委員：（敬称略、五十音順）

小長井 誠 東京工業大学大学院理工学研究科 教授
 重里有三 青山学院大学大学院理工学研究科 教授
 西方 篤 東京工業大学大学院理工学研究科 教授

確定年月日：平成26年2月10日

プロジェクト名	次世代環境再生材料の研究開発
研究責任者の氏名・所属・役職	葉 金花 環境再生材料ユニット長
実施予定期間	平成23年度～平成27年度
研究目的と意義	<p>研究目的： 持続可能な社会の実現に向けた、環境再生・修復技術に貢献する革新的な物質・材料の開発・創製、およびその基礎研究を行うことを目的とする。</p> <p>意義： 有害物質による環境汚染や二酸化炭素(CO₂)による温暖化などの地球規模の環境問題が複雑多様化・深刻化する中、環境低負荷型浄化材料・技術の研究開発に対する社会的な要請が年々高まりを見せている。特に我が国においては東日本大震災とその後の福島第一原子力発電所の事故で放射性物質による汚染問題が緊急の課題となり、第4期科学技術基本計画においては、環境・エネルギーを対象とする「グリーンイノベーションの推進」を我が国の将来にわたる成長と社会の発展を実現するための主要な柱として位置付け、「科学技術イノベーション政策を戦略的に展開する」と、関連する研究開発の重要性と投資の強化が謳われている。環境問題の抜本的な解決には総合的なイノベーションが必要不可欠であるが、なかでも材料技術に寄せられている期待は非常に高い。物質・材料研究の中核機関であるNIMSにおいて本研究プロジェクトを遂行することによって、深刻化する環境汚染問題の解決に対する社会の要請に応えることが可能となり、環境浄化・環境再生材料・技術の飛躍的な発展が期待できる。産業的には、新しい「環境再生材料・技術・システム」を提供することによって、既存経済活動の活性化・高度化に止まらず、新たな水・大気・土壌環境関連事業の創出にも繋がり、今後の我が国の基幹産業に成長するであろう環境再生材料・技術の発展に対して本質的な寄与を果たす。また、資源の乏しい我が国においては、こうした先進的な環境技術の確立は重要な知的資源として、戦略的にも国益確保に不可欠であり、その波及効果は政治的・経済的な国際競争力の向上にも大いに貢献できる。</p>
研究内容	<p>水・大気・土壌などの環境における有害物質の選択的固定・貯留や物質変換による無害化を可能にする材料のナノレベルでの開発・創製、およびその機能のブレークスルーを図るための基礎・基盤研究を行う。具体的には、環境問題の解決に寄与できる光触媒、金属・酸化物触媒、機能性多孔質材料・粘土等の層状吸着材料などの要素材料・技術と、表面・界面反応の理解と高機能化に必要な不可欠な理論研究を総合的・融合的に推進することにより、物質・材料が持ちうるポテンシャルを最大限に引き出し、これまでにない環境浄化および再生材料・システム・方法論の開発に、多角的に挑む。</p>
ミッションステートメント (具体的な達成目標)	<p>革新的な環境浄化および再生材料・システム・方法論の創出を目標とする。 具体的には：</p> <ol style="list-style-type: none"> ① 高効率な有害化学物質の分解・除去システムの構築 ② 放射性物質等を吸着・除去する超低負荷・高機能性吸着材料の開発 ③ 有害ガス・液体の選択的除去システムの構築

	<p>④ 排気ガスの清浄化等に対する新しい金属触媒の開発 ⑤ 表面・界面における化学反応の系統的理解と材料設計指針の確立</p>
<p>平成23年度～平成25年度中間評価時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>	<p>1) 主な研究成果（アウトプット）：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 第二期中期計画での成果を踏まえ、新規光触媒 Ag_3PO_4 の画期的な光酸化活性が何に起因するかを理論との連携で明らかにすると共に、高活性な結晶面を選択的に成長させる手法の開発および他の材料との複合化を行うことで、液相・気相有機有害物質の分解および除去に5倍以上の高活性化を実現した。また、光触媒材料を用いた CO_2 の光還元および燃料化研究にも取り組み、材料の設計・開発に関し、重要な知見を得た。 ・ 緊急課題である「福島第一原子力発電所事故に伴う放射性物質の吸着・除去材料の開発」に対して、各種ジオマテリアル材料の検討・データベースを確立し、さらに放射性物質の固定化の検討を進め、福島県飯館村での除染の実施検討を行い、福島除染問題に貢献した。 ・ 貴金属の白金等のメソポーラス化に簡便な手法を開発することに成功した。市販の白金触媒と比較しても、5倍以上の性能向上を確認した。白金の使用量を大幅に削減可能な技術として注目されている。 ・ 最も高い生体・環境毒性を示す排ガス成分の一つの一酸化窒素（NO）の清浄化反応（$NO + CO \rightarrow 1/2 N_2 + CO_2$）に対し、貴金属を全く含有しないにもかかわらず従来の貴金属系排ガス触媒白金を超える NO_x 清浄化活性を示すニッケル基金属間化合物の開発に成功した。 ・ 実験と理論の連携による材料開発の効率化を進めており、光触媒に関しては現象の理解に止まらず新規材料の発見にも成功している。金属間化合物触媒の研究も進んでおり、触媒反応を統一的に理解する理論の構築まであと一歩のところまで迫っている。 <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> <ul style="list-style-type: none"> ・ 自然光のみの利用で有害化学物質を分解・除去する、環境にやさしい光触媒浄化技術の飛躍的な発展および応用市場の大幅な拡大が期待できる。 ・ 自然の循環の仕組みを模倣・技術化した層状珪酸塩等のジオマテリアルは放射性物質等を吸着・除去する超低負荷・高機能性吸着材料となりうる。 ・ 貴金属の多孔化によって、従来の自動車触媒、環境ナノ触媒などに不可欠な希少金属の使用量を大幅に削減することができる。 ・ 従来の貴金属系排ガス触媒白金を超える NO_x 清浄化活性を示す貴金属フリーな触媒の開発は、環境浄化・再生技術へ大きなインパクトを与える。 ・ 様々な環境再生材料を網羅的に解析することにより、環境再生材料の表面・界面反応に関する新しい理論的枠組みを構築し、新規材料の設計に役立てられる。
<p>中間評価時の進捗状況及び自己点検・評価</p>	<p>中間評価時の進捗状況： 予定を若干上回っている。</p> <p>自己点検・評価：</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 各要素材料技術に関する独創的な研究開発を展開した結果、性能の大幅な向上を実現し、一部の要素材料に関してはすでに産業界と実用化に向けた連携に着手した。また、理論計算とのタイアップで共通の学理、および表面・界面現象の理解を深めることが出来た。特に日本社会が直面している緊急課題である福島第一原子力発電所事故に伴って放出された放射性物質の吸着・除去・固定材料の開発にも大きな進展があり、社会貢献を果たした。 ・ 最終ターゲットの実現に向けて、要素技術間の複合化によるシナジー効果の創出、およびナノ粒子合成技術の向上や機構解明による特性のさらなる向上が今後の課題である。

【評価項目】	コメント
<p>①研究計画、実施体制、マネジメント、連携 (研究開発の方向性・目的・目標の見直し、計画・ロードマップの問題点、実施体制・マネジメントの改善、連携のあり方、ほか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ NIMS の強みを活かした次世代環境再生材料開発が主テーマになっており、国の第 4 期科学技術基本計画にも沿った内容である。 ・ 持続可能な社会を実現するための環境技術を支える材料開発を行うという目的が堅持されて研究計画が立てられている。 ・ 物性理論研究と実験的材料合成・材料評価研究の融合が強く意識された研究計画であり、高く評価できる。 ・ サブテーマも、よく考えられた内容となっている。理論系の研究グループがペースト役になって、実験系との連携が図られている。 ・ 計画・ロードマップについての見直しは特に必要ない。 ・ 実施体制・マネジメントは問題ない。 ・ どのサブテーマも産学連携、国際連携が活発である。 ・ ロードマップに関しては、良く考えられ構成されているが、状況の変化に合わせて変更を加えていくことも可能であると考えられる。 ・ どちらかという中長期的なテーマが多いため、数値を掲げた目標設定が難しい面もあるが、ロードマップの記述にやや甘さが見られる。 ・ 材料の性能に関する具体的な開発目標が定量的に示されていないものがあり、それらのサブテーマに関しては進捗状況を判断し難い。 ・ 成果と数値目標との対比をいっそう明確にして欲しい。 ・ 国内外との連携については、数多くの大学や研究機関と連携を取っているようであるが、全体の研究計画のなかでの役割分担、およびその成果について明確ではない。
<p>②研究開発の進捗状況及び進め方 (進捗状況の把握、研究責任者の自己点検・評価の妥当性、進め方の見直し(継続・変更・中止等)、研究資源(資金・人材)の再配分、ほか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 多少、進捗状況にばらつきはあるが、研究計画の見直しの必要はない。 ・ 進捗状況に関して、全体としては概ね順調であるが、当初の実験計画で平成 26 年度から応用段階に入るということを考えると、一部遅れているサブテーマもある。サブテーマによってはさらに実験室レベルでの基礎研究が必要と考えられる。 ・ 各サブテーマ間の連携が緊密に取られており、物性理論と材料の合成、種々の要素材料の複合化などに成功している。 ・ ロードマップを順守して研究を進めているが、今後は必要に応じて(研究開発の状況に合わせて)変更を加えることも検討してよいと考えられる。 ・ 新材料開発で大きな成果が得られている。特に Ag_3PO_4 光触媒や、新規ニッケル系触媒など、世界的な成果が得られており、論文の被引用回数の多さから判断しても、注目すべき成果である。 ・ 3.11(東日本大震災)以降に開始された放射性物質の吸着・除去・固定材料の開発は、国民的関心事であり、NIMS の貢献は高く評価できる。今後は、この分野の研究開発をいっそう加速させてほしい。 ・ 海外の大学との連携も深められており、研究開発の国際化にも成功している点は、高く評価できる。 ・ 材料開発で大きな成果が得られている反面、競争的資金の獲得は、必ずしも多くはない。若手研究者の“さきがけ”以外に、もっと大きな予算獲得を目指して欲しい。

<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>(研究成果の質は世界レベルか、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どうか、セレンディピティ、ほか)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・オリジナリティーの高い研究成果が得られている。 ・研究成果については世界レベルのものが多く、論文の被引用件数も多く、研究成果は高く評価される。 ・研究成果に関して、権威ある欧文誌も含め多数の論文掲載(239篇)がなされており、国内外での学会発表も活発に行われていることから、十分な研究成果の発信も行われていると判断できる。 ・論文発表、知財面ともに成果が得られている。 ・我が国の緊急課題は、いうまでもなく福島復興であり、このプロジェクトが放射線物質の吸着・除去・固定材料の開発に貢献できた意義は大きい。今後は、除染実施研究として、飯館村でのフィールドワークも計画されており、この面での加速的推進を図ってほしい。 ・放射性物質の吸着・除去・固定材料の開発に関しては緊急の課題であり、今後の成果を期待したい。 ・論文面では、大きく貢献しているが、結局は、どのようなアウトカムに繋がるかが鍵であり、関係企業とのさらなる連携が必要である。学術的な成果をもとに、実用化に向けた課題の整理があると、わかりやすい。 ・受賞面では、もう少し努力があつてよいと思われる。 	
<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、問題点等があれば追加してコメント)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・研究は概ね順調に進行している。 ・研究全体としては総合的・系統的に環境技術に応用できる機能性材料が精力的に研究・開発されており、研究成果も多数発信されているので高く評価できる。 ・次世代環境再生材料の開発という面で、多様な新規材料が提案され、世界的な成果が得られている。今後は、これらの学術的な成果をもとに、実用化に向けた課題の整理を行って欲しい。 ・実用化にむけてのロードマップ作成が必要な時期である。 ・福島復興に係わる新規テーマは、極めて重要な国民的関心事であり、この面での一層の加速化が期待される。 ・天津大学における連携研究センターの創設は、今後の海外展開を考えると高く評価できる。 ・今後、理論計算のグループ(サブテーマ5)との連携、あるいはサブテーマ間の連携をとることにより、さらなる高活性化を目指すことを期待する。 	
<p>各委員の総合評価点 (10点満点)</p>	<p>9、9、10(順不同)</p>	
<p>総合評価点平均 (10点満点)</p>	<p>9.3(小数第二位四捨五入)</p>	
<p>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る。</p>
<p>9</p>	<p>S</p>	<p>計画を変更することなく継続すべきである。</p>
<p>8</p>	<p>A</p>	<p>総合的に優れている。</p>
<p>7</p>	<p>A</p>	<p>一部計画を見直し継続すればS評価になる可能性がある</p>
<p>6</p>	<p>A</p>	<p>平均的なプロジェクトである。</p>
<p>5</p>	<p>A</p>	<p>継続は認めるが、継続する時に、一部計画を見直した方が良い点がある。</p>
<p>4</p>	<p>B</p>	<p>期待されたほどではない。</p>
<p>3</p>	<p>B</p>	<p>計画を見直して継続すべきである。</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る。</p>
<p>1</p>	<p>C</p>	<p>大きな問題があり、継続を中止すべきである。</p>

