

# プロジェクトプレ終了評価報告書

評価委員会開催日：平成22年3月30日

評価委員：（敬称略、五十音順）

赤池敏宏 東京工業大学 フロンティア研究センター 教授  
 秋吉一成 東京医科歯科大学 生体材料工学研究所 教授  
 加藤隆史 東京大学大学院 工学系研究科 教授

確定年月日：平成22年6月3日

プロジェクト名	気体分子センシングのためのナノ分子材料
研究責任者の所属・役職・氏名	ナノ有機センター 高分子グループ グループリーダー 竹内正之
実施予定期間	平成20年度～平成22年度
研究目的と意義	<p>本プロジェクトにおいては、分子認識を基盤とした高分子センシング材料を共通のプロジェクトとして据え、異なる物質材料に関わってきた研究者とチームを組み、「認識（センシング）」「分離・捕集」「センシングシステムの構築」の3つのサブテーマを通して、気相中の低濃度化学種の、高感度・高選択的センシングに挑戦する。本プロジェクトを通して、高感度・高選択的な化学センサ分子を設計するための基本概念の確立、認識挙動の可視化、ガス状化学剤に対するセンシング分子材料/自己支持性の分離膜による有害物質の分離・除去材料の創出、分子認識と連動した分子・イオン・電子エネルギー移動界面の創出、物質透過性ナノ薄膜などが新規概念とともに生み出される。これらの学術的なシーズとともに、最終的には、～ppbレベルの化学剤、VOC（揮発性有機物質）、ウイルスなどの生体関連物質に対する認識材料を生み出すとともに物理センサとの融合を行い、距離・時間情報を加味したリアルタイムモニタリングシステムへ展開することを目的とする。サブテーマ1において新奇ナノ分子材料を開発し、サブテーマ2,3との連携により研究を推進する。</p> <p>（サブテーマ1）：「ナノ分子材料の合成・高分子化・高次集積化」                  （サブテーマ2）：「気体分子の分離・捕集システムの確立」                  （サブテーマ3）：「多段階センシングシステムの構築」</p>
研究内容	<p>ウイルス、VOCや有害危険物質の気相における高感度・高選択的検出のために、高分子センシング材料構築を、以下の3つのサブテーマに分け研究を遂行する。</p> <p>(1)高感度化を指向し高次集積化された分子性センシング材料、高分子センシング材料の開発および分子認識現象の基礎解明、(2)「機能膜」「濃厚ポリマーブラシ」を利用した気相化学種の分離・捕集システムの構築、(3)分離・捕集能とセンシング材料を集積したセンシングシステムの開発へと導く。</p>
ミッションステートメント（具体的な達成目標）	<ul style="list-style-type: none"> <li>・新規高分子センシング材料の設計、合成、組織化に関する基礎的知見獲得</li> <li>・分子機械を利用した高選択的分子認識システムの構築</li> <li>・化学センサの高分子化、集積組織化の検討</li> <li>・検出対象の分離・濃縮システム付与による感度向上の実証</li> <li>・多孔質な機能性高分子センシング材料</li> <li>・ppbレベルのガスセンサの実証</li> </ul>
平成20年度～平成22年プレ終了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>1) 主な研究成果（アウトプット）：</p> <p>導電性高分子、共役系高分子に色素を導入し、その光化学的、電気化学的特性をチューニングすることが、機能性高分子を基盤とした材料設計には重要である。しかしながら色素の会合が機能の発現を妨げることが多く、色素の導入と機能発現はトレードオフの関係にあることが多い。今回、色素周りの空間をデザインすることにより、機能を失うことなく導電性高分子に導入することに成功した。さらには、パラジウム錯体を含む機能性架橋分子を利用することにより、汎用導電性高分子であるポリアニリンのエメラルジン塩基型、エメラルジン塩型ともに2.5 nm 間隔で2次元的に集積することに成功した。得られたフィルムの導電性を測定</p>

	<p>し、機能性架橋分子がその導電性に関わっていることを明らかとし、chemo-resistive 型センサ材料に向いていることを確認した。また、有機高分子が<math>\pi</math>共役系分子であるフラーレンの結晶形態をコントロールすることを見出し、バイオミネラリゼーションと同様の機構で結晶が成長していることを明らかにした。有機物も無機物同様、有機高分子の助けを借りて構造制御が可能であること示した。</p> <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）： ニトロ基を有する芳香族誘導体をセンシングできる有機色素の開発とその認識挙動について明らかとし、自己集合形態の制御がセンシング感度に影響を及ぼすことを見出した。これらの結果はイギリス化学会 Chemical World においてハイライト、インタビューされ、センサナノ分子そのものの構造だけではなく、その集合体のデザインの重要性が認知された。論文として発表した主な研究成果は、学術誌の中表紙、口絵、あるいは Chemistry World 誌あるいは Nature Materials 誌などの他媒体でハイライトされるなど、得られた結果の波及効果が認められた。</p>
<p>プレ終了評価時の進捗状況とそれから予測したプロジェクト終了時の目標の達成度合い及び自己点検</p>	<p>新奇なナノ分子材料の探索・合成が進み、その基本物性が明らかになりつつある。平成 20～21 年度は、従来の知見を基にし、共役系高分子を 2 次元ならびに 3 次元のネットワーク状結晶性集合体へと導く研究を進めると同時に、新奇なセンサナノ材料の開発を行った。また、高感度センシングシステムの構築に向けて共役系分子集合体、共役系高分子を新たに開発した。新奇センサナノ分子を検討している中で、1) 極めて高いキャリア移動度を持つ物質・高分子の発見、(2) メカノクロミック特性を示す物質の発見、(3) 酸化重合を利用しているにも関わらず分子量分布が小さな導電性高分子などを見出した。現在順調に進展しているが、加速して目標を達成する。</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、など)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・サブテーマ 1、2、3 が、やや独立しているようである。サブテーマ間の相互交流も重要である。</li> <li>・気体分子センシングに特化したプロジェクトで、計画は具体的で順調に進んでいる。</li> <li>・レベルの高い研究陣により、新しい機能性材料の創製に到達しており、今後の展開が期待できる。</li> <li>・共同研究、国際連携も活発に行われ、評価し得る。</li> <li>・計画の大筋は素晴らしい。目標設定と推進体制もハイレベルである。</li> </ul>
<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、目標は達成されそうか、目標は具体的であったか、世界レベルで見ても目標は高かったか・低かったか、問題点は何か、など)</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・目標設定と設計論が各論レベルでやや異なるものの、それぞれ世界的レベルに近い、優れた研究である。</li> <li>・1～2 年で多くのナノ分子材料が開発され、当初の計画通り進んでいる。研究レベルも世界的である。</li> <li>・新しい機能性分子が多数作られているという点で、世界的に見てもレベルが高く、評価できる。</li> <li>・今後、ターゲット分子の設定も含め、実用化に向けた展開も期待する。</li> </ul>

<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、など）</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 実用化を目指したターゲット分子の選定と、社会への波及を期待する。</li> <li>・ 論文発表の活性は極めて高く、国際的に評価の高い論文誌に多数の論文が受理され、優れた成果を挙げている。費用対効果は問題ない。</li> <li>・ 機能性高分子材料+超分子化学の研究として、優れた成果が挙げられている。</li> </ul>	
<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"> <li>・ 一般的なセンサの新しい概念を示しつつ、気体センシングという場合、特化したターゲットを持つことも重要である。</li> <li>・ 高いレベルの研究がなされており、総合的に優れている。今後の更なる進展を期待する。</li> <li>・ 新しい分子材料の創製と機能発現が見られ、学術的には高く評価し得る。</li> <li>・ 世界的レベルで競争している印象を受ける。</li> <li>・ 米軍の軍事研究と住み分けた課題で、世界のチャンピオンを目指してほしい。</li> </ul>	
<p>総合評価点 （10点満点）</p>	<p>9.0</p>	
<p>各委員の評価点 （10点満点）</p>	<p>9, 9, 9（順不同）</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。 計画を変更することなく継続すべきである。</p>
<p>9</p>		
<p>8</p>	<p>A</p>	<p>総合的に優れている。 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>7</p>		
<p>6</p>		<p>平均的なプロジェクトである。</p>
<p>5</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>計画を見直して継続すべきである。</p>
<p>2</p>		<p>大きな問題があり、継続を中止すべきである。</p>
<p>1</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>