

事後評価報告書

評価委員会開催日：平成18年8月1日

評価委員会委員名：（敬称略、順不同）

齋藤秀俊 長岡技術科学大学物質・材料系 教授 （主担当）

森 勇介 大阪大学大学院工学研究科 助教授 （主担当）

杉野 隆 大阪大学大学院工学研究科 教授

寒川誠二 東北大学流体科学研究所附属流体融合研究センター 教授

記入年月日：平成18年11月19日

課題名	超常環境を利用した新半導性物質の創製・材料化に関する研究
研究責任者名及び所属・役職	神田久生 物質研究所スーパーダイアグループ ディレクター（現在：センサ材料センター光学センシング材料グループ ディレクター）
【実施期間、使用研究費、参加人数】	実施期間：平成15年度～平成17年度 使用研究費（期間合計）：運営費交付金：202 百万円、外部資金：90 百万円 参加人数：（平成17年度）38人（専任：10人、併任：9人、ポスドク：4人、外来：12人、技術補助：2人、事務補助：1人）
【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>超高压力及び超高温（プラズマ）を物質合成の超常環境として捉え、これらの環境条件で新規物質の合成、新規特性物質の合成を行い、合成された物質を微細評価技術の超常環境である超微細構造解析で評価する。</p> <p>上記、「超高压」「超高温」「超微細」の3領域からなる超常環境の研究は、1993年—2002年の間、COE化プロジェクトとして実施され、これらの技術は世界のトップクラスのレベルを持つに至った。この技術をベースに、本プロジェクトでは、新規物質の合成、新規特性物質の合成と評価を行う。</p> <p>対象物質としては、主として、ダイヤモンド、窒化ホウ素（BN）とする。</p> <p>ダイヤモンドについては、当機構で初めて合成に成功したリンドープのn型半導体ダイヤモンドに重点をおき、その半導体特性の向上を目指す。</p> <p>BNについては、立方晶窒化ホウ素（cBN）の結晶性の向上を目指す。</p> <p>その他の新規物質の合成、生成機構についての基礎的な研究を行う。</p> <p>研究計画概要：</p> <p>超高压領域においては、高压技術の洗練化を行うとともに、それを用いて、BN単結晶の高品質化、新規高密度物質の探索・合成の研究を行う。</p> <p>超高温領域においては、ダイヤモンドへの不純物ドーピング制御の高度化を行い、半導体特性の向上を目指す。BNについては、cBN薄膜の結晶性の向上のため、合成条件の最適化を行う。</p> <p>超微細領域においては、電子顕微鏡など原子オーダーでの物質評価技術を駆使して、物質の微細構造解析を行う。</p>
【全研究期間の成果等（研究全体）】	<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）：</p> <p>ダイヤモンドの研究においては、リンドープn型半導体ダイヤモンド薄膜を気相合成法で作製し、その電気的特性を評価した。合成装置の改良、合成条件の最適化により、n型ダイヤモンドの室温電子移動度 $660 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ という世界最高値を実現した。また、リンドープn型半導体ダイヤモンドとホウ素ドーパ型半導体ダイヤモンドを積層させたpn接合薄膜を作製し、紫外線検出特性を調べた結果、250 nm以下の紫外線を選択的に検出する機能を持つことを確認した。これは、ヨーロッパで人工衛星に搭載され太陽光からの紫外線測定に用いられる予定である。また、リンドープn型ダイヤモンドは、電子放出素子として、蛍光灯や電子描画装置への応用も期待されている。</p> <p>BN結晶の研究においては、高压法でのcBN結晶の高純度化に成功し、220nm</p>

	<p>の励起子の検出に成功した。これに関連して、六方晶窒化ホウ素（hBN）の高純度結晶も得られ、これから215nmの深紫外線レーザー発振を実現した。これは、固体では最短波長のレーザーである。新しい深紫外線発光素子への応用が期待される。</p> <p>ダイヤモンドアンビルセルを用いた高圧実験において、ガス封入装置を開発し、等方的空間の実現に成功した。この技術を用いて、ヨウ素分子が高圧で解離するとき、中間相として特異な構造をもつことを発見した。</p> <p>その他、マリモ状形態のカーボンナノチューブの合成（燃料電池への応用）、天然ダイヤモンドの熱処理による改質の有無の判定法の開発（宝石ダイヤモンドの鑑別への応用）、高い硬度が期待される立方晶窒化ケイ素の合成などの成果を得た。また、BCNナノチューブの各元素の偏析状態を電子顕微鏡レベルで解明した。</p> <p>論文：117.34件*、プロシーディングス：40.75件*、解説・総説：22.3件*、招待講演数：71.37件*（*：研究の寄与率を考慮した平成15-17年の値） 特許出願：171件、登録：13件、実施許諾：1件</p>
【評価項目】	コメントおよび評価点
マネジメント実施体制 （サブテーマ間連係、外部との共同研究の有効性）	コメント： 個々の成果は素晴らしいが、プロジェクトとしての目標がはっきりせず、またサブグループ間での組織的連携や外部との共同研究が希薄なように感じられ、プロジェクトと言うには、きちんとしたマネジメントが、あまりにもなされなかったように思われる。このような何が出てくるか分からない分野では、サブグループそれぞれが世界一を目指して自由に研究するというマネジメントのプロジェクトもあって良いのかもしれないが、常に目標だけはクリアにすべきではないか。目標がクリアであれば、それを目指しておのずと連携が進むものである。たとえば、合成と評価をクロスするようなサブグループ編成はできなかっただろうか。今後、このようなタイプのプロジェクトのあるべき姿を考える必要があるだろう。このような形態になったのは過去の経緯もあったのであろうが、そのあたりの過去の変遷がわからず、もう少し説明があってもよかった。
*評価点（10点満点）：4 評価基準 9点：研究の効率向上に明確に寄与している 7点：よく考えられている 5点：平均的な体制 3点：もう少し考慮の余地があった 1点：プロジェクト遂行の支障となった	
アウトプット （論文、特許等の直接の成果。費用対効果を考慮）	コメント： hBNのUV発光、BCNナノチューブの合成と証明、cBNの合成を再現するなど、個別の成果に関しては、本グループでなければなし得なかった多くの世界的レベルの成果を上げている。サブグループ間の融合による成果がもっとあって欲しかったが、Nature 掲載等の成果もあり、論文数も多い。質と量の両方とも平均的水準を相当上回っていると高く評価できる。
*評価点（10点満点）：9 評価基準 9点：質・量共に平均的プロジェクトの水準を大きく上回っている 7点：平均的水準より優れる 5点：平均的水準 3点：少ない 1点：問題がある	

<p>目標の達成度 その他アウトカム、波及効果</p>	<p>コメント： 着実な進歩は認められるのだが、目標が明確でないので、達成度の評価は難しい。たとえば、「超高压」環境は具体的に達成できているが、技術を高度化して何をするのかという目標がはっきりせず、そのため達成して今後どうするのかもクリアでなかった。「超高温」においては、超高温技術が新物質の創製のためにどのように工夫され、それが新物質創製へとつながっていったのか判断ができなかった。また「超微細」においては、見出した新規物質について、TEMIによる観察や組成像だけでなく、物性解明にもう一步踏み込むことができなかつたのが残念である。やみ雲に研究するような萌芽的研究段階があっても良いが、ある段階からは、具体的目標を立て、それを達成するようなプロジェクトにするべきである。ただ研究をやれば良い、新たな成果が出れば良いというものではないのか。これに関連するが、今後どう展開するのか展望を出すべきであった。波及効果については、幾つかのインパクトのある成果が出ており、波及効果があったと推察されるが、プレゼンテーションからは、波及効果がクリアに見えてこなかった。</p>
---------------------------------	--

* 評価点（10点満点）：5
 評価基準 9点：一つの分野を形成した 5点：目標はなんとか達成された
 7点：目標は十分達成され、当該分野に影響を与えた 1点：目標達成にはほど遠い
 3点：目標の部分的な達成

<p>総合評価 研究全体に対する総合的な所見を記入。 また上記設定評価項目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>	<p>コメント： 基礎研究としては、個別の成果には革新的なものがある。しかし、プロジェクトとしてグループで研究するという意味では、もう少し目標や今後の展開がはっきりする運営が必要である。今後のプロジェクトのあり方について議論してほしい。報告書についても、研究目的・目標（方向）、研究テーマ、成果を関係づけて系統的にまとめられれば、アクティビティの高さを示すことができたと思われるので残念である。 ただ、今回のような目標なきプロジェクトは、新物質創製分野ではある得ること、一定の理解を示したい。しかしながら、たとえば、シミュレーション技術の発展により、どれ位の高压、高温をかければどのような物質が創製しうるのか、おおよその数値が出る時代なので、そのようなデータや理論家との共同研究をもとに、新材料創製のための実験計画を練ることを試みてはどうだろうか。このほか、優れた成果の社会への還元や説明がこれから望まれるところである。以上、評価の難しい課題であるが、総合的には優れたプロジェクトであったと評価する。</p>
--	--

* 総合評価点（10点満点）：7
 評価基準 9点：すべての点において模範的に優れている 5点：平均的
 7点：総合的に優れている 1点：税金の無駄遣いである
 3点：期待されたほどではなかった

なお評価点は、公開時一般的にもわかり易いように、以下のようにS, A, B, Cを併記します。

- 9、10 S
- 8 A+
- 6、7 A
- 5 A-
- 3、4 B
- 0~2 C

評価点まとめ

マネジメント実施体制 (内外連携)	アウトプット	目標達成度、アウトカム 波及効果	総合評価
B	S	A-	A

