

平成 21 年 3 月 31 日

財団法人高輝度光科学研究センター

理事長 吉良 爽 殿

重点ナノテクノロジー支援評価委員会

委員長 松井 純爾

JASRI「重点ナノテクノロジー支援」評価報告書

1. はじめに

(財)高輝度光科学研究センター (JASRI) が運営する SPring-8 では、2002 年度から 5 年間、国家プロジェクトである「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」が実施され、対象課題に対する重点支援が行われた。その結果、Nature, Science に掲載された論文を含め、合計 227 報の原著論文が発表^(注1)されるなど、多くの質の高い研究成果の創出に貢献してきた。ナノテクノロジー総合支援プロジェクトは、第 2 期科学技術基本計画においてナノテクノロジー・材料分野が重点分野として設定されたことを受けて実施された国家プロジェクトであるが、第 3 期科学技術基本計画においても同分野は引き続き重点領域として設定されており、SPring-8 に対してもさらなる成果の創出と新たな研究領域の開拓が期待されていた。これらの状況を踏まえ、JASRI では「重点ナノテクノロジー支援」を SPring-8 運営上の施策として重点領域に指定し、2007 年度以降においても具体的なイノベーション創出に資する支援を展開することとした。この「重点ナノテクノロジー支援」は、「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」を引き継いだプログラムであるが、新規の施策を追加することにより、利用者のさらなる利便性を図ったものである。主な新規施策としては、以下のものがあげられる。

- 「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」においては、放射光利用研究手法に基づくテーマ設定により重点支援を展開してきたが、「重点ナノテクノロジー支援」では、「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」における支援実績を踏まえ、5～10 年後の具体的なイノベーション創出に直結させることを目的として、ナノテクノロジー・材料分野の研究領域を支援テーマとして設定。
- 支援テーマの設定に当たっては、既存の領域で、重点化により一層の成果拡大が見込まれる「重点領域」3 テーマ（次世代磁気記録材料、エネルギー変換・貯蔵材料、ナノエレクトロニクス材料）と、全く新しい概念に基づく新規機能性材料研究開発やナノテクノロジー・材料分野の研究を強力に推進する新規利用技術に関する課題を実施する「先進新領域」4 テーマ（新規ナノ粒子材料、新規ナノ薄膜機能材料、新規ナノ領域計測技

(注1) 2007.3.15 に集計

術、新規ナノ融合領域）に区分して実施。

- 放射光利用の新領域の開拓への対応として、新たに対象ビームラインとして BL40B2 を加え、これまで対応が遅れていたナノ高分子材料研究、ナノバイオ研究を推進する体制を整備。
- 課題審査において、一般課題とは異なる審査委員、審査基準を採用することにより、「イノベーションの創成」、「新規ユーザー開拓」、「新研究領域の創出」に重点を置いた審査を実施。

本委員会は、「重点ナノテクノロジー支援」施策の 2 年間の成果を評価し、報告するとともに、評価結果を反映することにより次年度以降にむけた施策の改善を提言するものである。

2. 「重点ナノテクノロジー支援」における研究成果の評価

これまでに、2007A、2007B、2008A の 3 期分の課題（計 148 課題）の実施が終了し報告書が提出されている。その中には、*Angewandte Chemie International Edition* の表紙を飾るなど、海外の著名な論文誌に掲載される成果がでており、合計 23 報の原著論文^(注2)が JASRI のデータベースに登録されている。本施策がスタートしてまだ 2 年弱であることを考えると、非常に順調な滑り出しと言える。

特に優れた研究成果としては以下のものが挙げられる。

- 「顕微磁気円二色性を用いたパターン媒体作製におけるイオン打ち込みの効果に関する研究」（課題番号 2007B1727）

集束イオンビームでパターンニングする際にイオンビームの広がりにより、パターンエッジにダメージ層が現れることを見出し、イオンビームを Ar⁺の低エネルギーに変えることにより、目標とする 1TB/in² に相当する 25 nm ピッチのドット形成に成功した。飽和磁化も維持でき保磁力も良好である。Micro XMCD を用いての計測から、エッジの状態を明確に示すことができ、ドット形成のプロセス開発に画期的な成果をもたらしている。

- 「硬 X 線光電子分光による透明アモルファス酸化物半導体の電子構造解析」（課題番号 2007A1971）

硬 X 線光電子分光法のメリットを利用し、実用的意義の高い新材料である透明酸化物半導体の電子構造を定量的に解析した。特に、価電子帯上端に見られる状態密度がウェット酸化熱処理により激減することなどを見出した点は、今後のデバイス開発に及ぼす影響が大きく、研究の意義は高い。

(注2) 2009.3.12 に集計

● 「エピタキシャル成長によるハイブリッド型多孔性金属錯体結晶の創成」(課題 2007B1771)

ハイブリッド型多孔性金属錯体単結晶合成に成功。界面での結晶接合面の方位を精密に解析し、約 12 度回転した二つのドメインでエピタキシャル成長することを突き止めた。界面の接合の急峻さの解明、界面の中間層の存在の確認など、今後の発展に興味を持たれる。回転成長することで、界面での実行細孔径が変えられ、利用分野としては分子ふるいなどを視野に入れている。界面が急峻だとふるいとしては機能しないなど、中間層の厚さなどが、機能創出にも大きく寄与するであろうが、新しい複合材料の開発として、大変優れた研究である。

以上の 3 件は、重点領域に設定されている 3 テーマ(次世代磁気記録材料、ナノエレクトロニクス材料、エネルギー変換・貯蔵材料)でそれぞれ実施された課題であり、重点領域の設定が良く機能しており、今後の研究の発展によりイノベーションの創出が非常に期待できる研究成果である。

一方、先進新領域では、小角散乱によるドラッグ・デリバリー・システムの評価などのナノバイオ分野、蛍光 X 線マッピングによるウィルソン病の診断などのナノメディカル分野、植物中の微量有害金属マッピングなどのナノ環境分野など、これまで放射光の利用が少なかった分野の研究が実施されている。これらの研究例は、新規分野の開拓にも「重点ナノテクノロジー支援」が有効に機能していることを証明しており、評価できる。

3. 「重点ナノテクノロジー支援」における施策の評価

3. 1 「重点ナノテクノロジー支援」の目的について

「重点ナノテクノロジー支援」では、5～10 年後のイノベーション創出を目的としたナノテクノロジー・材料分野の研究を重点支援することを目的としている。このように支援対象の長期的視点での重要性を重視した点は、非常に適切である。これは、JASRI が別途、重点領域に指定している「重点産業利用」との住み分けともなっているとともに、SPRING-8 内での放射光計測技術開発のテーマ設定としても有効なものとなっている。また、昨今の日本企業の経済状況の急速な悪化を考慮すると、長期的な研究に多額の研究投資が難しくなっており、このような設定は、わが国における当該技術分野の優位性を確保する上での射たものであると評価できる。

3. 2 「重点ナノテクノロジー支援」の支援内容について

前プロジェクトである「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」においては、放射光利用研究手法に基づくテーマ設定により重点支援を展開してきたが、「重点ナノテクノロジー

一支援」では、「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」における支援実績を踏まえ、ナノテクノロジー・材料分野の研究領域を支援テーマとして設定している。このような研究材料別テーマ設定は、イノベーション創出に有効である。事実、「重点領域」で実施した課題からは、前章でも記したように、イノベーションの可能性が期待される成果が出てきており、今後もさらなる展開が期待できる。一方、「先進新領域」に関しては、新規の研究領域の開拓に寄与しているが、テーマ自体が漠然としており、分かりにくい。今後は、この2年間の実績を参考に、「重点領域」を拡充する方向で検討すべきである。その候補としては、「ナノメディカル・バイオ融合材料」、「ナノ環境技術」、「ナノテクを活用した安全・安心社会構築」などがあげられる。

現状、本「重点ナノテクノロジー支援」は9本のビームラインを使用し、ビームタイムの約20%を供して運用している。また、一般課題と同時に、年2回の課題募集を行っている。課題採択率は、60%前後で推移しており、一般課題の平均よりもやや低い程度であり大きな問題はないと判断できる。ユーザーに対して行った調査結果でも、課題募集回数(84%が適切と回答)、割り当てシフト数(85%が満足と回答)、支援ビームライン(76%が十分と回答)など、概ね高い満足度が得られている。しかしながら、ビームラインに関しては、複数のビームラインを駆使する点に本施策の意義があるため、9本のビームラインに限定せず、もっと多くのビームラインにも展開する方向で検討すべきである。なお、この検討には、費用やスタッフの配置について十分に考慮する必要があることを付記しておく。

課題実施にあたってのユーザーへの支援は、事前相談、技術相談、実験支援、解析支援を基本に行われているが、ユーザーの満足度は高く、良く機能していると評価できる。これは、ビームライン担当者を中心とした支援担当者の奉仕的精神によるところが多大であり、今後は、本支援で供すべき支援とユーザーとの共同研究として供すべき支援の基準を整備することも検討が必要である。

3. 2「重点ナノテクノロジー支援」の課題選定について

「重点ナノテクノロジー支援」では、一般課題とは異なる審査委員、審査基準を採用することにより、「イノベーションの創成」、「新規ユーザー開拓」、「新研究領域の創出」に重点を置いた審査を実施している。また、一般課題との重複申請を可能としている。このことは、本施策が出口から見たイノベーションの可能性を重要視していることから、適切な判断であると評価できる。特に、「重点領域」テーマに対して指導的立場の方を審査員に加えることは、本施策の実施に大変有効である。

4. 改善点などの提言

本「重点ナノテクノロジー支援」に対しては、今後これまで以上の成果の創出を、社会や国から求められることを踏まえ、評価委員会として、以下の提言を行う。

- 本「重点ナノテクノロジー支援」のような新規の先端的産業領域を切り開く施策の重要

性について関係者の認識と同時に、広いレベルでの経済的支援が必要である。JASRI は、今回の成果を国と社会に広く広報し、有用・有効性を広くアピールすべきである。社会へのアピールとしては、各種学会でのシンポジウム開催、学術振興会・産学協力研究委員会での発表、国際ナノテクノロジー総合展・技術会議への出展などが効果的である。

- 本「重点ナノテクノロジー支援」は、優れたナノテクノロジー研究者を新規ユーザーとして開拓するのに役立っているが、これをさらに押し進めるには、今まで以上に放射光研究になじみのないユーザーを相手に支援を行う必要がある。現状、支援担当者の奉仕的精神によりユーザーの満足度は概ね高く維持されているが、成果創出まで直結した支援（データ解析支援など）を行うには、現状のマンパワーでは限界がある。特に「重点領域」研究においては、データ解析の知識をもった支援要員の拡充により、成果創出まで直結した支援が実施できる体制や、本支援で供すべき支援とユーザーとの共同研究として供すべき支援との切り分け基準の明確化など制度の整備が望まれる。
- 高度なナノテクノロジー研究を推進するためには、ビームライン設備の高度化が必要不可欠である。現状は、前プロジェクトである「ナノテクノロジー総合支援プロジェクト」で整備したビームライン機器を有効活用し支援を実施しているが、実験設備のさらなる高度化・改良を望む利用者は多い。特に、ナノビーム利用技術、時分割測定技術によるデバイス動作下での評価を実現する最先端の放射光利用技術の導入は、ナノテクノロジー研究に質的な変化をもたらすと期待されるため、導入を推進すべきである。この場合、このような基盤技術開発は R&D 専用のビームラインで別途開発し、支援に供することが理想であり、そのような体制の整備が望まれる。
- 重点ナノテクノロジー支援により、ナノバイオ、ナノメディカル、ナノ環境分野など、これまで放射光の利用が少なかった分野の開拓に一定の成果を上げているが、「先進新領域」テーマに関しては、「重点領域」と比較してテーマ自体が漠然としており、分かりにくい。今後は、これまでの 2 年間の実績を参考にして、「重点領域」テーマを拡充する方向で検討すべきである。

5. 総合評価

上記の評価の通り、本「重点ナノテクノロジー支援」はスタートしてまだ 2 年弱であるが、研究成果も順調に創出されており、施策のユーザー満足度も高いなど、順調な滑り出しと言える。ナノテクノロジー・材料分野は第 3 期科学技術基本計画においても重点分野と設定されており、SPring-8 にとっても重要なミッションの一つであることから、本施策は是非継続すべきである。今後は、上記の提言を施策に反映し、より具体的なイノベーション創出を目指すことを期待する。

今後の評価に関しては、上記提言に関する改善なども評価の対象となるので、2 年後を目処に開催するのが妥当である。その際には、研究分野の広がりを見極め、それぞれの専門分野に精通する委員の増員も視野に入れて検討する必要がある。

6. 重点ナノテクノロジー支援評価委員会

委員長

松井 純爾 兵庫県放射光ナノテク研究所 所長

委員 (50 音順)

石田 英之 株式会社 東レリサーチセンター 代表取締役副社長研究部門長

尾嶋 正治 東京大学大学院 教授

川合 真紀 東京大学大学院 教授

壽榮松 宏仁 独立行政法人 理化学研究所 特任顧問

高尾 正敏 財団法人 国際高等研究所 フェロー

開催日時および場所

平成 21 年 3 月 12 日 (木) 14:30～16:30

SPring-8 放射光普及棟会議室

以上