

## 5. 重点研究

### 5-1 重点ナノテクノロジー支援

(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(2007.3.15集計)の原著論文が発表されるなど、多くの質の高い研究成果をあげるのに貢献してきた。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。

以下に、2009年度の主な活動を報告する。

#### 1. 支援ビームラインおよび支援課題

支援に利用するビームラインを表1に、支援テーマ別の課題採択状況の詳細を表2に示す。支援課題については、A期、B期とも大きなトラブルは無く、順調に支援が行われた。その結果、2009A期と2009B期の合計の応募件数は143件、うち採択件数は86件(採択率60%)で、配分シフト数も753シフト(6,024時間)となった。

表1 使用するビームライン(各BLで20%程度のユーザータイムを利用)

BL02B2	粉末X線構造解析
BL13XU	表面界面構造解析
BL25SU	軟X線固体分光
BL27SU	軟X線光科学
BL37XU	分光分析
BL39XU	磁性材料
BL40B2	小角X線散乱
BL47XU	光電子分光、マイクロCT
BL17SU	理研 物理化学Ⅲ (分光型光電子・低エネルギー電子顕微鏡)

表2 重点ナノテク支援課題 支援テーマ毎の応募状況、採択状況、実施状況(NF1-3が重点領域テーマ、NA1-4が先進新領域テーマ)

[2009A]		支援テーマ	応募件数	採択件数	不採択	採択率
NF1	次世代磁気記録材料	9	6	3	66.7%	
NF2	エネルギー変換・貯蔵材料	4	4	0	100.0%	
NF3	ナノエレクトロニクス材料	20	10	10	50.0%	
NA1	新規ナノ粒子機能材料	10	8	2	80.0%	
NA2	新規ナノ薄膜機能材料	21	8	13	38.1%	
NA3	新規ナノ融合領域研究	4	2	2	50.0%	
NA4	新規ナノ領域計測技術	15	4	11	26.7%	
		合計	83	42	41	50.6%

[2009B]		支援テーマ	応募件数	採択件数	不採択	採択率
NF1	次世代磁気記録材料	5	5	0	100.0%	
NF2	エネルギー変換・貯蔵材料	9	8	1	88.9%	
NF3	ナノエレクトロニクス材料	14	8	6	57.1%	
NA1	新規ナノ粒子機能材料	6	4	2	66.7%	
NA2	新規ナノ薄膜機能材料	11	8	3	72.7%	
NA3	新規ナノ融合領域研究	5	4	1	80.0%	
NA4	新規ナノ領域計測技術	10	7	3	70.0%	
		合計	60	44	16	73.3%

2009年度の実施した支援課題は、「重点ナノテクノロジー一支援課題研究成果報告書」Vol. 5 (2009A)、およびVol. 6 (2009B) に纏められている<sup>[1]</sup>。

## 2. 研究成果

ここでは主な研究成果を3件紹介する。

1件目は、九州大学とJASRIが共同で行った「微小角入射回折法による基板表面上に作製された金属錯体分子積層膜の構造解析」である。この成果は、九州大のグループが、2次元ネットワーク（面内周期構造）を形成するのに優れたLangmuir-Blodgett (LB) 法と、分子の積層および逐次成長（面外周期構造）させるのに優れたlayer-by-layer法を巧みに組み合わせた新規手法の開発により作製に成功した、Si基板上の20層の金属錯体分子層からなる薄膜の構造を、表面界面構造解析ビームラインBL13XUにおいて、放射光X線回折法により詳細に解析したものである。放射光X線回折測定で、out-of-plane回折とin-plane回折を駆使することにより、世界に先駆けて固体表面上への高規則性多孔性配位高分子膜の構築に成功したことを実証した<sup>[2]</sup>。本成果は、高効率な電極触媒やナノ界面デバイス、エネルギーナノデバイスなどの開発を大きく加速するものと期待されており、プレス発表も行われた。

2件目は、東京工業大学、東京都市大学、JASRIが共同で行った「シリコンナノスケール極浅接合における不純物活性化過程の光電子分光による研究」である。この成果は、これまで測定が困難であったSi結晶の表面から10 nm以内の極浅い領域に高濃度にドーピングしたホウ素 (B) の活性化率を求める方法をBL27SUの軟X線光電子分光法により開発し<sup>[3]</sup>、低温エピタキシャル成長でドーピングされたBについて測定したもので、従来法で極浅ドーピングされた場合と同様の3つの化学結合状態が観測され、本測定手法がドーピング法によらず有効な手法であることが確認された。

3件目は、立命館大学とJASRIが共同で行った「タンパク質の界面吸着ダイナミクスのナノスケール観測」である。本成果は、BL37XUで開発された溶液界面反射率計を用いて、球状タンパク質リゾチームを2 mol/dm<sup>3</sup> NaCl、pH7のリン酸緩衝溶液に注入し、気液界面に吸着する過程で生じる構造変化を観測したものである。リゾチームは疎水性相互作用によってはじめは単分子で吸着するが、NaClとの静電相互作用によって徐々にリゾチーム同士の相互作用が増加し、2時間後には縞状の凝集帯を形成することが明らかになった。本成果は、BL37XUで開発された溶液界面反射率計により、X線反射率と散漫散乱を同時にかつ高速で測定出来るようになった結果得られたものである<sup>[4]</sup>。

## 参考文献

[1] [http://www.spring8.or.jp/ja/news\\_publications/publications/pri\\_nano\\_tech/publicfolder\\_view](http://www.spring8.or.jp/ja/news_publications/publications/pri_nano_tech/publicfolder_view)

[2] R. Makiura et al.: Nature Mat. **9** (2010) 565-571.

[3] K. Tsutsui et al.: J. Appl. Phys. **104** (2008) 093709.

[4] Y. F. Yano et al.: J. Synchrotron Rad. **17** (2010) 511-516.

ナノテクノロジー利用研究推進グループ

木村 滋