

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。

- 1) 「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。
- 2) 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。
- 3) 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。
- 4) 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。

本施策について、実施状況を評価して頂くために、2009年3月に外部有識者による評価委員会(委員長:松井 純爾)を設置し、中間評価を受けた^[1]。その評価で、本施策に関する改善点が幾つか提言されていたため、2010B期より支援テーマに関する変更を行った。

1. 2010B期より実施した変更点

前述の通り、「重点ナノテクノロジー支援」では、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、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テーマを設定した。

重点領域:

- [NF1] 次世代磁気記録材料
- [NF2] エネルギー変換・貯蔵材料
- [NF3] ナノエレクトロニクス材料

先進新領域:

- [NA1] 新規ナノ粒子機能材料
- [NA2] 新規ナノ薄膜機能材料
- [NA3] 新規ナノ融合領域研究
- [NA4] 新規ナノ領域計測技術

中間評価では、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り、実際、「重点領域」で実施した課題からは、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。一方で、「先進新領域」に関しては、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、テーマ自体が漠然としており、分かりにくいので、これまでの実績を参考に、「重点領域」を拡充する方向で検討すべきである、との提言を頂いた。そこで、「先進新領域」を廃止し、「重点領域」を以下に示す6テーマに拡充した。

重点領域

- [NF1] 次世代磁気記録材料

- [NF2] エネルギー変換・貯蔵材料
- [NF3] ナノエレクトロニクス材料
- [NF4] ナノ医療・ナノバイオ技術
- [NF5] ナノ環境技術
- [NF6] 先端ナノ計測技術

2. 支援ビームライン及び支援課題

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、2010Aと2010B期の合計の応募件数131件、採択件数94件（採択率72%）で、配分シフト数も729シフト（5,832時間）となった。

2010年度に実施した支援課題は、「重点ナノテクノロジー支援課題研究成果報告書」Vol. 7（2010A）、及びVol. 8（2010B）に纏められている^[2]。

3. 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、星薬科大学とJASRIが共同で行った「皮膚角層細胞間脂質モデルの新規構築法の確立と経皮吸収型製剤開

発への応用」である。経皮吸収型製剤はその投与の簡便性から患者のクオリティオブライフ（QOL）改善に有効な剤形として注目されている。しかしながら、薬物の経皮吸収は生体の最外層に存在する角層により著しく制限されるため、応用可能な薬物が限られるといった問題点が存在する。これまでに種々の経皮吸収促進法が検討されており、中でも薬物の皮膚透過性を改善することができる成分を製剤中に配合する手法が特殊なデバイスを必要としないことから注目されている。本研究では、新規に構築した皮膚角層細胞間脂質のモデル膜を用いて、メントールの角層細胞間脂質に及ぼす影響をSPring-8 BL40B2の広角X線回折実験で評価した。その結果、メントールは細胞間脂質モデル膜中の斜方晶に対して選択的に作用し、流動化を引き起こすのに対し、d-メントールは脂質充填構造に対する選択性が低いことが明らかになった。これらの作用がメントールの経皮吸収を促進するメカニズムと関連していると示唆される^[3]。

2件目は、名古屋大学、東京大学、富士通研究所、JASRIが共同で行った「X線マイクロ回折を用いたシリコン貫通ビア配線周辺の局所ひずみ評価」である。3次元積層デバイスの将来への応用に向けて、Wafer-on-wafer（WOW）技術などのウェアレブルでの積層構造構築技術が注目されている。本成果は、X線マイクロ回折法を用いて、WOW応用に向けたSi層内部の局所ひずみ構造について研究を行ったもので、マイクロ回折測定によって、シリコン貫通ビア電極周辺のSi薄膜層内部におけるウェハ面内方向及び面直方向のひずみ構造のゆらぎが明らかにされた^[4]。

3件目は、京都大学とJASRIが共同で行った「HX-PESを用いたFeTiO₃およびFeTiO₃-Fe₂O₃固溶体の電子構造解析」である。本成果は、FeTiO₃及び0.8FeTiO₃・0.2Fe₂O₃のバンド構造について、硬X線光電子分光（HX-PES）測定を用いた電子構造解析を行ったものである。これら試料の内殻スペクトルでは両試料間でピーク位置にシフトは見られなかったが、価電子帯スペクトルでは明確なシフトが見られた。これらの価電子帯はFe 3d及びO 2p軌道が強く混成したものであることから、このピークシフトは、両試料間での電子相関の差異によるFe 3d位置のシフトに由来する^[5]。

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

[2010A]

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	7	6	1	85.7%
NF2 エネルギー変換・貯蔵材料	8	7	1	87.5%
NF3 ナノエレクトロニクス材料	12	10	2	83.3%
NA1 新規ナノ粒子機能材料	9	8	1	88.9%
NA2 新規ナノ薄膜機能材料	12	8	4	66.7%
NA3 新規ナノ融合領域研究	5	2	3	40.0%
NA4 新規ナノ領域計測技術	11	6	5	54.5%
合計	64	47	17	73.4%

[2010B]

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	7	2	77.8%
NF2 エネルギー変換・貯蔵材料	15	10	5	66.7%
NF3 ナノエレクトロニクス材料	22	18	4	81.8%
NF4 ナノ医療・ナノバイオ技術	6	4	2	66.7%
NF5 ナノ環境技術	3	1	2	33.3%
NF6 新規ナノ融合領域研究	12	7	5	58.3%
合計	67	47	20	70.1%

参考文献

- [1] http://www.spring8.or.jp/ja/about_us/committees/reports/nanotech_review_report/
- [2] http://www.spring8.or.jp/ja/news_publications/publications/pri_nano_tech/publicfolder_view
- [3] H. Watanabe et al., Int. J. Pharmaceutics **402** (2010) 146-152.
- [4] O. Nakatsuka et al., Jpn J. Appl. Phys. **50** (2011) 05ED03.
- [5] H. Akamatsu et al., Phys. Rev. B **83** (2011) 214421.

ナノテクノロジー利用研究推進グループ
木村 滋