

4. 重点研究

4-1 重点ナノテクノロジー支援

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の創出に貢献した。このプロジェクトは、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た。この支援実績を踏まえ、「重点ナノテクノロジー支援」では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開発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。
- 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。

なお、2)の支援テーマについては、2009年3月に実施された外部有識者で構成された評価委員会(委員長:松井 純爾)による中間評価の提言を受け^[1]、2010B期より「先進新領域」を廃止し、「重点領域」を次の6テーマに拡充して実施している。

重点領域支援テーマ

- [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

以下に、2011年度の活動を報告する。

1. 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、2011A期と2011B期の合計の応募件数は108件、うち採択件数は69件(採択率64%)で、配分シフト数も642シフト(5,136時間)となった。

2011年度の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.9(2011A)、及びVol.10(2011B)に纏められている^[2]。

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

[2011A]

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	4	5	44.4%
NF2 エネルギー変換・貯蔵材料	15	12	3	80.0%
NF3 ナノエレクトロニクス材料	20	12	8	60.0%
NF4 ナノ医療・ナノバイオ技術	6	4	2	66.7%
NF5 ナノ環境技術	5	1	4	20.0%
NF6 先端ナノ計測技術	4	4	0	100.0%
合計	59	37	22	62.7%

[2011B]

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	4	1	80.0%
NF2 エネルギー変換・貯蔵材料	11	7	4	63.6%
NF3 ナノエレクトロニクス材料	17	10	7	58.8%
NF4 ナノ医療・ナノバイオ技術	5	5	0	100.0%
NF5 ナノ環境技術	5	3	2	60.0%
NF6 先端ナノ計測技術	6	3	3	50.0%
合計	49	32	17	65.3%

2. 研究成果

ここでは主な研究成果を2件紹介する。

1件目は、東京理科大学の研究グループが行った「新規ナトリウムイオン二次電池用正極材料 $\text{Na}(\text{Fe}, \text{Mn})\text{O}_2$ の放射光X線回折法を用いたナトリウムイオン脱挿入反応機構に関する研究」である。内燃機関の代わりに動力源としてリチウムイオン電池を用いた電気自動車 (kWhクラス) や発電所に併設される余剰電力の貯蔵に用いる大型電池 (MWhクラス) の期待が高まっている。しかし、リチウムイオン電池はエネルギー密度の観点からは魅力的であるものの、リチウムは地殻中に20 ppmしか存在しないことから、これら全ての大型用途での需要をカバーすることは現状では難しいとされている。この課題を解決するために、研究グループはポストリチウムイオン電池として地殻中の主要構成元素であるナトリウムを用いたナトリウムイオン蓄電池に関する研究を、正極、負極材料、電解液などに関して包括的に行っている。今回の研究では、ナトリウムイオン電池用正極材料として、鉄とマンガンから構成される新規層状化合物である $\text{Na}_x[\text{Fe}_{1/2}\text{Mn}_{1/2}]\text{O}_2$ について、BL02B2を用いて、粉末回折により結晶構造解析を行い、合成条件を制御することでP2型、O3型の異なる積層様式を有する層状構造の試料が合成可能であることを示した。また、P2型を有する $\text{Na}_{2/3}[\text{Fe}_{1/2}\text{Mn}_{1/2}]\text{O}_2$ が、O3型と比較して優れた電極特性を示し、更に、充電過程における特異的な相転移が起こることが確認された^[3]。本研究成果は、レアメタルフリー構成のナトリウムイオン蓄電池の実現につながる研究成果として期待されている。

2件目は、大阪大学、東北大学、JASRIが共同で行った「Pt/Cp/ $\alpha\text{-Cr}_2\text{O}_3$ 薄膜における垂直交換バイアスの等温反転」に関する研究である。この成果は、強磁性体/反強磁性体界面での代表的な磁気異方性である交換バイアスについて、パルス強磁場を用いた等温反転について検討した研究である。試料として 0.3 erg/cm^2 以上の高い垂直交換バイ

アスを発現できることを実証してきたPt(111)/Co(111)/ $\alpha\text{-Cr}_2\text{O}_3$ (0001)薄膜を試料として用い、BL25SUで測定した。作製した薄膜に30 T級のパルス強磁場を印加することで、Co(111)/ $\alpha\text{-Cr}_2\text{O}_3$ (0001)界面の非補償Crスピンを反転させることができ、その結果、非補償Crスピと界面交換結合したCoスピも反転させることができることが実証した^[4]。本成果は、レアメタルフリー材料で記録と演算の2つの機能を備えた磁気デバイスの実現に繋がる成果として注目されている。

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] N. Yabuuchi et al.: Nature Mat. **11** (2012) 512-517.
- [4] Y. Shiratsuchi et al.: Appl. Phys. Lett. **100** (2012) 262413; Y. Shiratsuchi et al.: Phys. Rev. Lett. **109** (2012) 077202 .

ナノテクノロジー利用研究推進グループ
木村 滋