

事後評価報告書

研究課題名：放射光を用いた研究及び施設整備の総合的推進
 研究責任者：福島 整 物質研究所超微細構造解析グループ主席研究員
 評価委員会：プレ終了評価を行ったので、事後評価は書類評価を実施
 評価委員会委員長及び委員名：
 寺澤倫孝 姫路工業大学高度産業科学研究所 名誉教授 (委員長)
 福永俊晴 京都大学原子炉実験所 教授
 竹田美和 名古屋大学大学院工学研究科 教授

記入年月日：平成16年 1月30日

評価の観点	評価結果
[研究概要] 研究計画において、設定していた目標など	第3世代放射光源 SPring-8 の性能を最大限に活用し、物質・材料研究に特化した専用ビームラインを整備し、それを用いた高分解能・高精度の材料解析技術を確立することは重要な課題であるのみならず、わが国の最先端材料開発において世界レベルを大きく凌ぐために必須である。
[課題の設定] 問題の取上げ方の新規性・独創性、科学的・技術的重要性、社会的・経済的重要性、国家・社会・産業界の要請、新規産業分野、緊急性、波及効果など	このプロジェクトは、「ビームライン要素技術の研究」および「ビームライン利用研究」の2課題から成る。前者では、第3世代光源施設の特性を最大限に利用することに挑み、単一のビームラインで0.5～60 keVに至る広範なエネルギー帯域の放射光を駆使して高度の材料解析をするための技術を確認しようとするもので、課題の設定は先進的であり、評価に値する。新型挿入光源の導入、独自開発した分光素子の選択など新規性、独創性があり、科学的、技術的意義も大きい。後者の「ビームライン利用研究」では高分解能光電子顕微鏡の開発を設定している。先端材料の実現には数10 nm以下のナノ領域の化学状態を2次的に解析する技術が求められており、これに資する最も適切な手段であると考えられる。独自に新技術を開発し、実現しようとする計画は新規性、独創性に富んでいる。このプロジェクトにより新しい材料解析技術が拓かれ、新産業分野の要請に応じて、多大の貢献ができることが期待される。
[課題の解決方法] 研究手法・実験方法の新規性・独創性、方法の精密さ・精緻さ、妥当性など	軟X線から数10 keVに及ぶ広エネルギー帯域の放射光を単一のビームラインで実現するため真空外磁場レボルバー型アンジュレータを選択し、理化学研究所と共同で開発したことは賢明な判断であった。レボルバー型アンジュレータの特色を生かし、2～60 keVの広エネルギー範囲を、2～4 keV, 4～20 keV, 20～60 keVの3帯域に区分し、Si 分光結晶利用によりそれぞれの帯域で最適条件に調整された単色光X線を得る計画は巧妙であり、妥当なものである。従来適当な分光素子がないため研究が遅れていた、1～2 keV帯域で単色光を得るため、物質・材料研究機構(旧無機材研)で独自に開発したYB ₆₆ 結晶を採用し、実用化を図った。独自技術を育成し、発展させる模範的な試みとして評価される。高分解能光電子顕微鏡の開発では、広いエネルギー範囲の光電子を数10 nm以下に効果的に結像させて高分解能を実現するため、磁場と電場を重畳させた新設計に基づく低収差対物レンズを開発、併せて全電子像投影光学系、光電子画像分光用エネルギーフィルターの開発を実施するという、意欲に満ちた取組みを示した。新科学技術の発展を図り他国を凌駕するには、この研究で試みられているように、既存技術に頼らず、新しい原理に基づく独自の研究・開発を強力に展開することが重要である。一方、薄膜改質の研究では、放射光照射の機構を明確にし、これが最適な方法であるかどうか議論し、見直しをつける事が必要ではないか。

<p>[研究の成果] 新事実の発見、新しい研究手法の確立、新理論・仮説の提案、長年の懸案の解決、社会的問題の解決、産業界への効果、成果の発表状況など</p>	<p>第3世代放射光源 SPring-8 とレボルバー型アンジュレータの特長を生かし、2~60 keV の広帯域で最大光子強度 10^{13} photon/sec, 最高分解能 $\Delta E/E \approx 10^{-4}$ の単色光を得ることに成功した。1~2 keV の帯域では、独自に開発した YB₆₆ を分光結晶として実用化し、世界最高品位である分解能 $\Delta E/E \approx 10^{-4}$ を達成した。YB₆₆ の実用化は世界初で、画期的成果である。また 1 keV 以下軟X線に対しても、10^{-4} の分解能の可能性を示したことは重要である。</p> <p>このプロジェクトの高分解能光電子顕微鏡の開発により、空間分解能 30 nm で実試料の観察が可能になった。また放射光のエネルギー掃引により多元素からなる試料の元素コントラスト変化を明瞭に観測するのに成功した。ナノ領域の物性解析法が現実のものになり、今後の先端材料の基礎研究のみならず開発研究の進展に大きな貢献が期待される。多くの困難を伴う独自の装置開発を少人数で積極的に取り組み達成した成果は評価される。</p> <p>高エネルギーX線照射による高温超伝導体薄膜改質の研究はさらなる確認実験が必要であるが、改質に与える放射光照射の効果を調べる基礎研究としても興味ある課題である。</p> <p>標準光電子分光研究では、高エネルギー光励起による内殻光電子スペクトルを測定し、また光電子の角度分解測定による膜厚測定の高精度化など、実用面での有用性を確認した。</p> <p>以上の代表的成果以外にも、数多くの実績をあげており、成果の発表も活発である。また招待講演、解説、レビュー記事の依頼の多いのも客観的な評価の高さを示すものである。</p>			
<p>[発展性] 研究手法・実験装置の他の問題への利用、得られた結果の他の問題への影響、新規研究分野の開拓など</p>	<p>第3世代放射光源である SPring-8 を駆使して高度材料解析技術を確立するというプロジェクトの目標に向けて進められてきた、意欲的なビームライン要素技術の開発はほぼ完成されている。今後、このビームラインが広い分野での利用研究に活用され、大きな発展をすることが期待される。</p> <p>これを確実なものにするためには、自らの研究成果をPRし、積極的に社会や産業界に成果を還元するとともに、他の研究者および産業界との交流・連携を深め、対象とする材料を広げながら、緊急性、戦略性の高い具体例を探り、効率のよい展開を図ることが肝要である。</p> <p>開発した装置を、より汎用性のあるものに高度化することも、今後の利用促進のため重要である。</p> <p>薄膜改質では、いままでの材料にこだわらず、より効果的な材料を求めることも必要ではないか。</p>			
<p>[総合評価]</p>	<p>本プロジェクトは SPring-8 の特長を最大限に利用して先端材料開発に資するため、高度の材料解析技術を確立することであり、このための各種のビームライン要素技術を鋭意開発し、高機能の専用ビームライン BL15XU を完成させた。このビームラインには世界ではじめて実現された成果が多く含まれている。さらに高分解能光電子顕微鏡を完成させ、これからの先端材料開発には不可欠である、空間分解能 30 nm 以下というナノ領域表面の2次元解析の実績を示した。</p> <p>これらの成果は基礎研究としても優れたものであるが、材料の解析・評価の基盤技術の確立をも意味しており、これからの各技術分野における各種の機能材料開発に広く応用されるものとして期待される。</p>			
<p>右記の S, A, B, F に○を付けてください。</p>	<p>S：特に優れている。</p>	<p>A：優れている。</p>	<p>B：普通である。</p>	<p>F：劣っている。</p>