

中間評価意見	対 応
③成果移転に向けた活動状況及び今後の見通し ○一層の特許取得に努めてほしい。 ○学理に裏付けされた成果について、全国区に向けた成果移転像を作成し展開していくことを期待する。	○高輝度放射光分野の成果移転、論文発表等の促進を図るため、新技術エージェントを交代 ○一層の特許取得に努めるとともに、共同研究における学理的な研究支援活動を大学とより活発に行い、国際会議、学会等での発表や論文投稿を実施 ○論文発表等の増加のため、コア研究室及びJASRIの研究員が研究の中核を担うよう研究体制を再編
④都道府県等の支援状況及び今後の見通し ○高輝度放射光以外の専門家の意見も集めて将来の具体ビジョンを提示するよう期待する。	○県として引き続き、放射光活用委員会等においてSPring-8 産業利用の全体方針の中で外部有識者の意見を踏まえて検討

表Ⅱ-4 中間評価での意見とその対応

氏 名	所属大学・役職	専門分野
吉田 博久	首都大学東京都市環境学部都市環境学科材料化学コース教授	ナノ構造制御・高分子
木村 良晴	京都工芸繊維大学大学院 工芸科学研究科教授 (生体分子工学専攻)	ナノファイバー
谷岡 明彦	東京工業大学大学院理工学研究科教授(有機・高分子物質専攻)	医療用ナノファイバー
加藤 功一	京都大学再生医科学研究所准教授	組織修復材料
片岡 一則	東京大学大学院工学系研究科マテリアル工学専攻医学系研究科附属疾患生命工学センター臨床医工学部門教授(兼任)	高分子ミセル バイオマテリアル
岡野 光夫	東京女子医科大学大学院医学研究科教授	組織シート工学
西野 孝	神戸大学大学院工学研究科分子物質科学専攻教授	高分子の表面・界面の構造と性質
雨宮 慶幸	東京大学大学院物質系専攻物性・光科学大講座/量子光科学分野教授	時間分割X線小角散乱法の開発と応用

表Ⅱ-5 研究アドバイザー一覧

## (2) 研究テーマの推移

ナノテクノロジーを活用して、国際競争力のある高機能・高性能・低環境負荷の革新的な新規材料・製品を開発するためには、膨大で多彩なニーズに応える高度な材料設計・製造プロセス・品質保証技術を確立する必要がある。このため、基本計画においては、本県に集積された産業分野から、今後の市場規模の拡大と事業の発展が見込まれるナノ粒子コンポジット材料の開発を「研究テーマ1」として採り上げ、企業の参画を得た。さらに、SPring-8 の高輝度放射光を当該材料の開発促進に有効に活用するための分析解析技術開発を「研究テーマ2」とし、コア研究室とJASRIが担当した。

研究テーマ1においては、当初参画企業6社の個別課題を小テーマとして設定したが、ナノ材料研究会等での検討を踏まえて平成17年度からは参画企業18社体制となったことから、研究テーマ1の小テーマ数も増加し、その材料特性を鑑みて毎年度テーマ構成の調整を行った。

研究テーマ2においては、事業開始から平成17年度までは新たな兵庫県専用ビームライン(BL08B2)の建設とその評価分析装置の開発に注力したことから、装置開発を主眼としたテーマ構成としたが、平成18年度から

は装置開発も一段落し、分析解析手法中心のテーマ構成へと見直した。

事業開始から平成18年度までは、上記の構成を基本に研究テーマが推移したが、平成19年度からは、企業の増加及び中間評価の意見に対応して、ナノ粒子コンポジット材料特有の特徴や現象に着目した研究テーマへと大きく変更した。

また、当該材料の理解が深まるに従い材料の局部の評価も重要となってきた。また、高輝度放射光の利点であるマイクロビームの高度化のためにも、分析対象試料上の特定の位置を高精度で容易に選べる技術が重要である。そこで、平成19年度から新たに「高精度位置決め状態分析技術の開発」を研究テーマに設けた。

事業開始から最終年度までの研究テーマの推移については図Ⅱ-1のとおりである。

### (3) 研究成果

#### 1) ナノ粒子の分散・凝集構造の解析

##### 「研究の概要、新規性及び目標」

##### ①研究の概要

全参画機関の個別の課題(表Ⅱ-6)を、ナノ粒子コンポジット材料に共通する特徴や現象から、ナノ粒子の合成、コンポジット化及びコンポジット化による機能発現に包括し、材料物性や現象等、本質的、科学的解明を目指した。その有力なツールとして、高輝度放射光による最先端分析解析技術を位置付けた。ナノ粒子の合成では、ナノ粒子の粒径、分布などの特性評価とナノ粒子生成過程の解明が主要課題であり、小角・超小角 X 線散乱を主力ツールとして評価を進めた。特に、合成過程の解明では、非破壊、高速(<msec)の時分割小角X線散乱技術を開発し、ナノ粒子生成のその場観察に成功した。コンポジット化及びコンポジット化による機能発現では、ゴム特性を支配するフィラーの高次階層構造の解析を進め、さらに動的歪下での構造変化を捉えることに成功し、長年推測の域を出なかったフィラー補強効果など機能発現機構の解明が大きく前進した。

##### ②研究の独自性・新規性

複雑系材料で科学的理解が困難なナノ粒子コンポジット材料の研究開発に、異分野にまたがる企業が多く参加し、ナノ粒子合成、コンポジット化、機能発現機構の根本的な解明に取り組み、多くの成果を挙げ、かつ、事業化へも貢献した。高輝度放射光 X 線の優れた特性を、実環境下での非破壊、in-situ、SAXS/WAXS 同時測定などに有効に活かした。

##### ③研究の目標

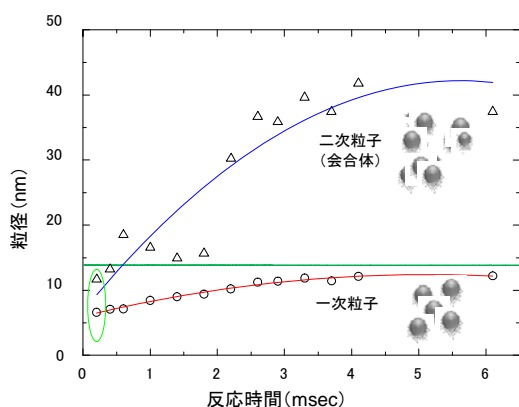
フェーズⅠ：課題解決に向けた手法の探索、実験を進める。

フェーズⅡ：共通現象の解明、参画機関に最適化しての研究開発を促進する。

##### 「研究の進め方及び進捗状況(目標と対比して)」

#### a) ナノ粒子の合成

機能性ナノ粒子の合成制御には、ナノ粒子生成過程の解明が不可欠である。水溶液や酸溶液中での Ag、炭酸カルシウム、シリカ粒子などの課題に対し、反応過程のその場観察技術(各種反応セルと時分割小角 X 線散乱)を開発し、溶液中のナノ粒子生成過程のその場観察に成功し、目標を達成した。典型的な解析結果を図Ⅱ-4に示す。フレキシブル回路基板など直接描画配線用 Ag ナノ粒子の生成過程(イオン反応)の解析結果である。Ag イオンの溶液中での反応による粒子形成は非常に早く、一次粒子は 0.2 ミリ秒以下で核形成が始まり、4 ミリ秒で成長が終わる。また、二次凝集粒子もほぼ同じように成長する。この結果から、高効率の量産プロセスの構築、商品化を達成した。また、炭酸カルシウムやシリカでも反応過程の解明が進んだ。



図Ⅱ-4 溶液反応による Ag 粒子の成長