

## 4-2 兵庫県

課題名：ナノ粒子コンポジット材料の基盤開発

事業総括：松井 繁朋（(財)新産業創造研究機構技術顧問、兵庫県立工業技術センター特別顧問）  
研究統括：中前 勝彦（神戸大学名誉教授、(財)高輝度光科学研究センター客員主席研究員）  
新技術エージェント：山口 幸一（社団法人日本ゴム協会前会長）（H15～18）  
新技術エージェント：古宮 聡（(財)ひょうご科学技術協会科学技術コーディネーター）（H18～20）  
中核機関：財団法人ひょうご科学技術協会  
コア研究室：兵庫県放射光ナノテク研究所  
行政担当部署：兵庫県産業労働部産業政策局科学振興課

### ①事業目標の達成度及び波及効果並びに今後の展望

大型放射光施設 SPring-8 が有する世界最高性能の分析解析技術と、地域の高分子系素材産業の融合は、コア研究室と参画機関の密接な連携によって、ナノ耐火物、機能性コーティング剤、環境対応型内装材、HDD 潤滑剤、描画配線用金属粒子の製品化と、合成技術に関するノウハウの集積がされるに至り、事業目標を十分達成できた。中小企業を中心とした製造現場にまで最先端の分析解析技術を浸透させるという試みは大変評価できる。今後は、地域を越えた新規ユーザー獲得のための PR 活動に期待したい。

### ②研究開発目標の達成度及び成果並びに今後の展望

中間評価を踏まえたテーマの整理統合により事業の方向性を定めた結果、ナノ粒子の分散・凝集構造、表面・界面分子配列構造の解明は、SPring-8 の高輝度放射光が産業界の課題解決に対して利用可能であることを実証し、製品開発に繋がる具体的成果が多数得られた。また、企業との共同研究開発を推し進めたことにより、企業ニーズに対応し得る小角 X 線散乱、マイクロビーム光電子分光技術といったビームラインや周辺計測装置の整備が奏功した。

ただし、得られた製品化技術、実用化技術に対して、論文や特許といった学術的成果が少ない感は否めない。集積した計測評価技術は、ノウハウとして管理するだけでなく、極力権利化し、強固な事業基盤を確立すべきである。

### ③成果移転に向けた取組の達成度及び今後の展望

事業期間中に構築した企業との共同研究の体制、および放射光ナノテク研究所の設立により、今後の成果移転体制については整備されたと言える。産業界の課題解決に留まらず、ノウハウのソフトウェア化、受託分析ビジネスモデルの拡大（コンサルティングベンチャー）、パーマナントポストの確保を推進し、オンリーワンのインフラを最大限に活用する体制構築に期待したい。

### ④都道府県等の支援及び今後の展望

県の支援体制は十分であり、産業界との連携を目的とした明確な事業方針は、大手企業から中小新興企業までも引きつける可能性が十分にある。県が事業主体としての収益意識を持ち、マーケティング活動の推進、事業拡大への取り組みが必要である。

## (参考1) 事業実施期間中における学術的、技術的、対外的活動実績

(終了報告書に基づく)

項 目			件 数	
学術的 実績	論文	国内	論文数	7件
			うち査読論文	7件
		海外	論文数	13件
			うち査読論文	13件
	口頭発表	国内発表	109件	
		海外発表	38件	
	雑誌掲載		4件	
受賞等		10件		
技術的 実績	特許出願	国内出願	27件	
		外国出願	0件	
	共同研究参画機関 (うち企業)		36機関 (24社)	
地域への波及効果	掲載/放映	新聞掲載	27件	
		テレビ放映	2件	
	成果発表会 (参加者数)		13回 (2,101名)	
	JST/文科省以外の 団体等の来訪	国内団体	51件	
		海外団体	7件	
成果展開	他事業への展開	文部科学省関係事業	4件	
		経済産業省関係事業	0件	
		その他の省庁関係事業	0件	
		自治体単独事業	2件	
	実用化		10件	
	商品化		5件	
	起業化		0件	

## (参考2) 事業概要

高性能で高機能なナノ粒子コンポジット材料を「工業材料」として、安定的かつ収率良く創製するためには、従来の分析評価装置のみでは困難であったナノサイズの粒子の分散、構造解析、表面、界面の状態分析を高精度かつその場 (in-situ) 観察することが求められる。ナノメートルサイズでの材料の長周期構造や、密度分布、集合状態、空洞分布等を高精度で評価し、加熱・振動・応力印加等といった外部揺乱条件下で in-situ 観察ができる SPring-8 の高輝度放射光が持つ特長を活かした高精度材料分析評価技術を確立し、産業界に提供する。

一方で、ナノ材料関係者における放射光利用経験者の絶対数は未だ少なく、「工業材料としてのナノコンポジット」と「放射光装置技術」の双方を深く理解する研究者も少数にとどまっている。本事業においては、ナノ材料開発と分析評価技術開発を並行に進めながら、双方の研究者の対話・協働の機会を設けることにより、「幅広い視野を持ち、様々な評価手法に通じた材料研究者」と「材料の深い知識を持った放射光研究者」を育成する場となる地域 COE を構築する。

研究テーマの概要は以下のとおりである。

### 1. ナノ粒子の分散・凝集構造の解析

#### (1) 固相中のナノ粒子・ナノフィラーの分散状態の評価

長周期な分散・凝集に起因する様々な材料物性や温度変化や応力印加によるナノコンポジット材料中のナノ粒子の分散・凝集状態変化の評価を行うとともに、ナノ粒子構造と材料特性との直接的な相関性評価を行い、新たなナノコンポジット材料開発への応用を行う。

#### (2) タイヤ中高充填ナノフィラーの分散状態

時分割2次元極小角 X 線散乱法を確立するとともに、フィラー充填ゴム遠心時のナノ粒子分散状態変化を解析する。環境対応型高性能タイヤ用材料創出のための開発指針を得る。

#### (3) 溶液中のナノ粒子の微細構造解析

その場観察の特徴を活用し、流動場においてナノ粒子分散系を観察する。

#### (4) 化学変化に伴うナノ材料のその場観察

金属ナノ粒子の焼成プロセスおよび生成・成長プロセスの解析を行い、金属ナノ粒子の性能向上ならびに量産化技術を開発する。

### 2. ナノ粒子の表面・界面分子配列構造の解明

#### (1) テラビット級 HDD 対応新潤滑剤の開発

磁気記録媒体の表面潤滑に不可欠な有機化合物の新規開発およびそのために潤滑剤分子のハードディスク表面との相互作用、分子の存在状態などを測定・分析する。

#### (2) 放射光による有機薄膜評価技術の開発

ポリイミド膜を対象に、微小角 X 線回折による有機薄膜の構造評価技術を開発する。

#### (3) 高分子表面、薄膜のキャラクタリゼーション

ナノ粒子コンポジット材料の変形過程の in-situ 観察技術を開発するとともに、各種マイクロプローブによる局所構造評価技術を確立する。

### 3. 高輝度放射光による局所評価技術の開発

#### (1) 高精度位置決め状態分析技術の開発

所定位置に確実にかつ迅速に X 線マイクロビームを照射できる高精度位置決め技術および制御システムを開発する。

#### (2) マイクロビーム光電子分光技術の開発

高エネルギー分解能ラザフォード後方散乱と光電子の最大エントロピー解析法の組み合わせによる高精度深さ方向の化学状態分布測定法を確立する。

(参考3) 事業実施期間中の研究項目と実施体制

研究項目	実施機関	テーマ リーダー	JST負担 研究費(百万円)
ナノ粒子の分散・凝集構造の解析	(財)ひょうご科学技術協会、兵庫県立大学、神戸大学、甲南大学、金沢大学、京都大学、京都工芸繊維大学、東京大学、徳島大学、長崎大学、名古屋大学、山形大学、(株)アシックス、(株)大関化学研究所、大関化学工業(株)、カナエ化学工業(株)、ナノ耐火物研究会、昭和高分子(株)、住友ゴム協業(株)、住友精化(株)、住友ベークライト(株)、積水化学工業(株)、(株)ソーラー、(株)白石中央研究所、タキロン(株)、(株)デンソー、(株)豊田中央研究所、中西金属工業(株)、バンドー化学(株)、広野化学工業(株)、富士色素(株)、富士シリシア化学(株)、三菱電線工業(株)、日本山村硝子(株)	神戸大学 名誉教授 中前 勝彦	508
ナノ粒子の表面・界面分子配列構造の解明	(財)ひょうご科学技術協会、(財)高輝度光科学研究センター、神戸大学、甲南大学、関西大学、京都工芸繊維大学、岡山県工業技術センター、旭化成(株)、旭化成ケミカルズ(株)、アンビック(株)、日産化学工業(株)、広野化学工業(株)、(株)松村石油研究所、三ツ星ベルト(株)	神戸大学 名誉教授 中前 勝彦	246
高輝度放射光による局所評価技術の開発	(財)ひょうご科学技術協会、(財)高輝度光科学研究センター、兵庫県立大学、神戸大学、東京大学	放射光ナノテク 研究所 所長 松井 純爾	240
合 計			994