

～基礎から開発段階での成果～

物質・材料研究機構 (NIMS) ナノ材料科学環境拠点 (GREEN) の活動紹介

NIMS フェロー・ナノ材料科学環境拠点長
魚崎 浩平

ナノ材料科学環境拠点 (Global Research Center for Environment and Energy based on Nanomaterials Science: GREEN) は、文部科学省「ナノテクノロジーを活用した環境技術開発プログラム」の支援のもと、ナノテクノロジー・材料分野において高い研究水準を誇る我が国が、地球環境問題を抜本的に解決して持続可能な社会を構築するために、産学が連携して環境技術の基礎基盤的な研究開発を推進する研究拠点であり、「つくばイノベーションアリーナ (TIA-nano)」におけるナノグリーンコア研究領域の中核的プロジェクトとして、産学官の多様な研究者が結集したオープンイノベーションの場である。ここではナノ材料科学環境拠点 (以降GREEN) の目指すところ、研究開発および拠点としての実績について紹介する。

1. GREEN 設立の背景

環境・気候変動問題を主題とする2008年7月の洞爺湖サミットを控え、当時の福田首相が1月のダボス会議で「クールアース推進構想」を提示するなど地球温暖化・地球環境問題への取り組みが喫緊の課題であった。文部科学省においても「ナノテクノロジーを活用した環境技術の開発に関する検討会 (主査:橋本和仁東京大学教授)」が4月に発足、6月には同検討会の報告書が公表された。それを受けて、上述の「ナノテクノロジーを活用した環境技術開発プログラム」が2009年2月に公募され、7月にNIMSの提案したナノ材料科学環境拠点が唯一採択され、10月に発足した。

2. GREENのミッションと組織

「地球環境問題を抜本的に解決して持続可能な社会を構築する」と言う観点から、GREENはUnder One Roof型の拠点として、太陽光から出発するエネルギーフローに関わる太陽光発電・光触媒による水分分解・二次電池・燃料電池を出口課題とし、計算科学手法と高度その場解析技術を駆使して、共通の課題である表面・界面現象の理解と制御技術の確立を通してブレークスルーとなる技術シーズを創出するとともに、実践的人材育成を目指している (図1)。材料・計測・計算が融合して研究を推進する拠点は今や国内外で大きなトレンドであるが、本拠点の設置は世界的にも先駆的な試みであった。計算分野、計測分野、電池分野、太陽エネルギー利用分野の各分野に、比較的少人数で構成されるグループを置き、各分野コーディネータによる分野

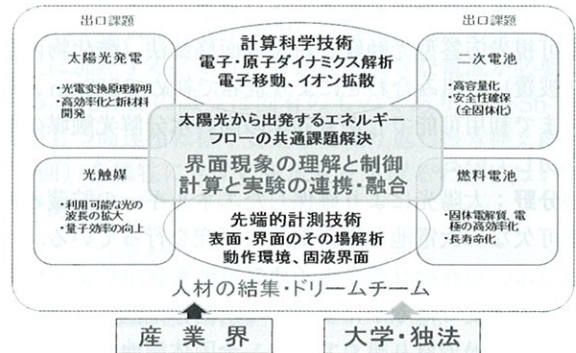


図1. GREENの組織イメージ

内の統括と分野を超えた密接な連携のもと研究開発を進めている他、実験・計測・材料研究者からなる特別推進チームを設置し、拠点の目的である材料-計測-計算の融合による研究推進のより効果的実現を図っている。グループリーダー、チームリーダー 22名の内、兼任・出向者が6名 (民間企業(1)、大学(4)、高専(1))、GREEN発足後採用者7名 (民間企業(2)、大学(5)) と、オールジャパンの観点で人材結集が図られ、2012年5月の新研究棟 (NanoGreen棟) の完成を機に、中心メンバーが集結、名実ともにUnder One Roof型拠点となった。ここでは異分野の研究者間の情報交換、共同研究が円滑に行われることを期待して居室、実験室を大部屋化している。

3. 研究内容と成果

太陽光利用分野：太陽光の電気および水素への変換を目指した長期的課題に取り組んでいる。ハロゲン化鉛系ペロブスカイト (以下、ペロブスカイト) 太陽電池に関する研究は数年前に開始されたばかりであるが、塗布などの低温プロセスで作製可能なこと、大きな電流が得られること、高い開放電圧が得られることから、安価で高効率な次世代太陽電池として急速に研究が進んでいる。しかし、ペロブスカイト太陽電池は高い変換効率を示すものの、再現性が低く、また電流-電圧曲線に電圧掃引方向に依存したヒステリシスが観測されるなど、安定性も問題であった。これらの問題の解決を目指してGREENでは昨年10月に、色素増感太陽電池、有機薄膜太陽電池の専門家と物理、化学、計算、計測の基礎研究者で構成されるペロブスカイト太陽電池特別推進チームを設置した。これまでに、雰囲気制御を厳格

にするなど作製手法の工夫により、低温・溶液プロセスを用いて、高い再現性と安定性を示すペロブスカイト太陽電池の作製に成功し、高効率、高安定性の要因を明らかにしている。光触媒を用いると、光で水を分解し、クリーンな燃料である水素が得られる。太陽光を高効率で利用するためには、幅広いエネルギーの光を利用する必要があるが、これまでに開発された水分解光触媒のほとんどは紫外光しか利用できず、可視光利用が可能な場合でも最長500nm程度までであり、より長波長側の光まで利用できる光触媒の開発が求められていた。光化学エネルギー変換グループでは太陽光の高効率利用のために酸化窒化物をベースとした新規可視光応答型光触媒と新規表面修飾法(酸化物による表面被覆)の組み合わせにより世界で初めて500nmより長波長まで利用可能でしかも効率の高い水分解光触媒の開発に成功している。

電池分野: 太陽光により確保したエネルギーの貯蔵と変換に不可欠な二次電池と燃料電池の研究を行っている。二次電池では、現在のリチウムイオン電池を安全性あるいはエネルギー密度ではるかに凌駕する全固体電池とリチウム空気電池について取り組んでいる。全固体電池は不燃性物質のみから構成され高い安全性が期待される。全固体電池では、電解質/電極界面が電池性能決定の最大の要因であるが、これまでの研究は粉末材料を対象としてきたため、界面の解析、理解、制御が困難であった。全固体電池特別推進チームでは電池材料を単結晶薄膜化することによって理想的界面を構築し、高性能全固体電池の実現につながる界面の姿を計算科学・高度解析技術との融合により明らかにする研究を行っている。リチウム空気電池は正極活物質として空気中の酸素を利用することによって格段に大きなエネルギー密度を実現できる究極の蓄電池と考えられている。しかし、正極における副反応の抑制、大きな充電過電圧、リチウム金属負極の低安定性といった問題があり、スタックの動作実証も必要である。リチウム空気電池特別推進チームではこれまでに、計算科学・高度解析技術との融合研究により、正極反応がほぼ正しく進行する適正条件を確認し、新規スタック方式の設計、試作を経て、世界で初めてスタックの動作実証に成功している。なお、GREENのメンバーは、現在文科省の支援のもとJSTが推進している次世代蓄電池研究加速プロジェクト(ALCA-SPRING)において中心的役割を果たし、また、NIMS蓄電池基盤プラットフォームの支援を通してオールジャパンの次世代蓄電池開発に寄与している。

燃料電池は家庭用および自動車用に実用化されているが、広範な利用には多くの課題の解決が必要である。改良

研究についてはNEDOのいくつかの大型プロジェクトが進んでいることから、GREENでは中温利用(酸化物固体電解質形燃料電池の低温化と高分子電解質膜形燃料電池の高温化)と非白金電極触媒に的を絞って計算・計測・材料研究者の融合研究を進めている。

4. 外部研究者の支援—オープンラボ

オールジャパンに開かれた拠点として、国内の大学、高専、公的研究機関および民間企業に所属している研究者、またはこれに準ずる者を、研究テーマに関係のあるGREEN所属の研究者が受け入れ担当者となり、その活動を支援するオープンラボ制度を創設当初より積極的に推進している。オープンラボ研究者に対しては交通費および滞在費を支給し、GREEN所有の研究設備、およびNIMSの共用施設使用の便宜を図っている他、同行する学生についても短期あるいは長期RAとして支援している。企業研究者についてはオープンラボでの活動は2年程度を目処とし、共同研究などNIMSの他のプログラムへの展開を目指すこととしている。

5. 産業界ニーズの抽出とアウトリーチ

産学が連携して環境技術の基礎基盤的な研究開発を推進するための研究拠点という設立趣旨から産業界ニーズの抽出とアウトリーチには当初より積極的に取り組んでいる。1つめはGREENシンポジウムであり、年2回開催のうち1回は成果発表を中心とする研究者を対象としたものをNIMSで、またもう1回は国内の関心が高く、産業界からの参加者も含む突っ込んだ討議がふさわしいテーマについて東京で開催している。2つ目は構造材料拠点と連携して隔月開催しているNBCI-NIMS合同セミナーである。ここでは1つのテーマについて発表、見学、質疑を長い時間をかけ、徹底的に行っている。3つ目は蓄電基盤PF設立にあわせて開始した電池材料解析ワークショップであり、ALCA-SPRINGとも共催し、最先端技術の紹介を行っている。今年度からは講習、実習をあわせて行い企業研究者のスキルアップに貢献したいと考えている。この他研究内容の動画公開も積極的に行っている(http://www.nims.go.jp/publicity/digital/movie/power_of_nims.html)。

6. 終わりに

GREENは10年計画の7年目であり、研究成果に加えて若手人材の育成にも実績をあげてきたと自負しているが、今後は産業界との連携をより積極的に深め、オープンイノベーションの新しい形を作り上げて行きたいと考えている。

著者略歴

魚崎 浩平 (うおさき こうへい)

1971年 大阪大学大学院工学研究科応用化学専攻修士課程修了、三菱油化(株) 応用研究所入社
 1974年~1976年 フリンダース大学(豪) 大学院物理学研究科博士課程留学、Ph.D.取得
 1978年 三菱油化(株) 退社、オックスフォード大学無機化学研究所研究員
 1980年 北海道大学理学部化学科講師、1981年 同助教授を経て、1990年 同教授
 2010年 北海道大学定年退職、名誉教授、大学院総合化学院客員教授。物質・材料研究機構国際ナノアーキテクトニクス拠点(WPI-MANA) 主任研究者
 2013年 物質・材料研究機構フェロー・ナノ材料科学環境拠点長

