

第 71 回応用物理学会春季学術講演会

プラズマエレクトロニクス分科会主催シンポジウム

T13 「プラズマが拓くナノ粒子・量子ドットの新展開」開催報告

代表世話人 鎌滝 晋礼(九州大学)、八田 章光(高知工科大学)、伊藤 昌文(名城大学)

プラズマによるナノ粒子・量子ドットに関する研究は古くからあり、ダストプラズマ物理分野からはじまり、現在は、熱プラズマや低圧プラズマなどを用いた材料合成への応用が大きく進展しています。また、2023 年のノーベル化学賞は量子ドットの発見と合成方法の発明について贈られました。ナノ粒子・量子ドットは、普通の粒子とは異なる特性(比表面積が大きく、反応性が高い、量子サイズ効果があるなど)を持つことから、幅広く分野で応用されています。2024 年 3 月 23 日に行われた本シンポジウムでは、ナノ粒子・量子ドットの研究に関して、基礎から種々の応用まで俯瞰できる内容のシンポジウムになるよう、第一線で活躍されている学术界および産業界からの研究者をお呼びし、今後の材料開発の方向性について、包括的な理解とヒントが得られる機会を目指しました。

最初のセッションは、産総研の布村正太先生より「プラズマ反応場とナノ粒子生成：成長制御と応用展開」というタイトルで講演して頂いた。プラズマ反応場におけるナノ粒子研究の概要についてわかりやすく説明することから始まり、量子ドット太陽電池や発光デバイス用途のシリコンナノ粒子、low-k 絶縁膜用途の絶縁体粒子、触媒用途の金属系粒子、リチウムイオン電池用途の合金系粒子などの応用研究についても言及された。また、合成過程でのプラズマの役割についての解説及び、プラズマ中のナノ粒子の帯電現状について実験結果とともに説明された。

次に、横浜市立大の橘勝先生が「加熱やプラズマ処理による天然物からのカーボン量子ドットの合成とその応用」というタイトルで講演を行った。環境調和性や資源有効活用の観点から、天然物からのカーボン量子ドット(CQD)の合成が注目されている中、橘先生の研究グループは、植物の種子(フェヌグreek種子など)を用いて、加熱処理または、マイクロ波水素プラズマ処理によって、均一でグラファイト性の高い高品質な CQD が生成さえることが説明された。プラズマ処理の方が、合成時間が大幅に短縮されるというメリットがあることが示された。

次は、企業からの講演で、株式会社日清製粉グループ本社の中村圭太郎様から「熱プラズマ法によるナノ粒子合成とその応用に向けて」というタイトルで、熱プラズマにおけるナノ粒子合成とその産業応用の開発研究について講演して頂いた。ナノ粒子合成だけでなく、合成後の乾式の遠心分級法を用いたサブミクロン領域での高精度分級技術開発も重要であることが述べられた。

後半のセッションとして、ナノ粒子合成の数値シミュレーションの講演で、東北大学の茂田正哉先生が「数値解析的研究を拓く：合金ナノ粒子雲のエアロゾルの集団生長を表現する数理モデルと計算アルゴリズム」について講演して頂いた。熱プラズマによって金属-金属系や金属-非金属系の合金ナノ粒子を高速大量創製するプロセスを対象とし、特にそれらのナノ粒子がプラズマ下流において雲を形成しながら集団的に生長する過程をエアロゾル動力学に基づいて数学的に記述し、数値計算を行うためのアルゴリズムも併せて構築することで、数値解析的な研究法を開拓する壮大な取り組みについて、非常にわかりやすく説明いただいた。

次に、リチウムイオンバッテリーデバイスへの応用として、大阪大学の神原淳先生が「ナノ粒子構造制

御と LiB デバイスへの実装」というタイトルで講演を行った。安価粉体原料から高スループットで Si ナノ粒子を生成することができるプラズマプレー技術及びナノ粒子生成後の除酸化処理を組み合わせることで、ナノ粒子のサイズを小さくしたまま、酸化度を抑えたナノ粒子形成が可能となり、これらの粒子を用いた LiB 用電極は、初期効率低下を抑えつつ、安定したサイクル特性が得られることが示された。

さらに、ナノ粒子を活用した産業応用として、東芝インフラシステムズ（株）の今井 隆浩様が「ナノ粒子の応用 - 電気絶縁材料の高性能化-」というタイトルで講演を行った。電気絶縁性能の向上したナノ粒子とポリマーを複合化したポリマーナノコンポジット絶縁材料の研究開発について、そして、直流高電圧押出ケーブルやマグネットワイヤーへの実用化などについて説明された。

招待講演の最後に、クーロン結晶研究から国際宇宙ステーション(ISS)における微粒子研究にも携わられている京都工芸繊維大学の高橋和生先生が「微粒子プラズマの物理とその応用 - クーロン結晶から微粒子間相互作用、微小重力科学まで」という内容で講演を行った。微粒子プラズマにおける微粒子の帯電と微粒子の空間的に分布することにより電離への影響など、荷電粒子集団の物理についても詳しく説明いただいた。また、菌なども微粒子同様にプラズマ中に浮遊させ帯電できることも示された。

このナノ粒子・量子ドットのシンポジウムの一般公演として、田中康規先生(金沢大学)が「SiO 原料間歇導入+タンデム変調誘導熱プラズマによる Si/SiO_x ナノ粒子/ナノワイヤ大量生成とその LIB 負極電池特性」及び北嶋武先生(防衛大)が「プラズモニクプラズマプロセスによるシリコンのラジカル窒化での波長作用」というタイトルで講演された。

口頭セッションに引き続き、招待講演の先生方に再度登壇頂き、八田章光先生(高知工科大)を司会としてパネルディスカッションが開催された(図 1)。パネラーに大学の研究者と企業の技術者が混在する中、ナノ粒子・量子ドット研究において、社会実装・実用化する上で大事なことは何か、これからのナノ粒子において重要なことは何かなど、積極的な意見交換がなされた。

プラズマエレクトロニクス分科会として、プラズマ中のナノ粒子の研究は歴史が長く、1980 年代からダストプラズマとして研究が行われている。しかし、応用物理学会内におけるシンポジウムのテーマとしては、取り上げることがあまりなかったことから、今回このように開催できたことを大変有り難くことであると感じている。本シンポジウムをきっかけとして、ナノ粒子・量子ドットに関する研究者の裾野が広がり、プラズマが拓くナノ粒子・量子ドットの更なる新展開に多に期待したい。



図 1 今後のナノ粒子・量子ドット研究についてのパネルディスカッションの様子

謝辞

ご多忙の中、ご講演を頂いた講師の方々、最後まで会場ならびにオンラインで聴講頂いた参加者の方々に、この場をお借りして感謝を申し上げます。また、座長を務めて頂いた田中 康規先生(金沢大学)および古閑 一憲先生(九州大学)にも感謝申し上げます。また、準備の段階からご助言を頂いた辻 享志様(産総研)、上坂 裕之先生(岐阜大学) 及びプラズマエレクトロニクス分科会幹事の先生方に感謝申し上げます。

(文責 鎌滝 晋礼)