

第 62 回 UV/EV 研究会 聴講記

標記研究会は平成28年6月3日（金）午後1時半から5時半まで住友クラブにおいて、杉本雅樹氏（量子科学技術研究開発機構）、長谷仁氏 来田文夫氏（サンルックス）、中西良太氏（NHVコーポレーション）、関隆広氏（名古屋大学）の4名の講師をお招きして開催した。座長は前半2件を、田川精一氏（大阪大学）後半2件を工藤宏人氏（関西大学）にお願いした。なお、講演会終了後、講師の先生を囲んで技術交流会を行った。

1. 放射線を利用した高分子前駆体からのセラミック材料創製

量子科学技術研究開発機構 量子ビーム科学研究部門  
研究企画室 主幹研究員 杉本雅樹

まず、4月から日本原子力研究開発機構から分かれた、量子科学技術研究開発機構の組織の概要が説明された。次に講師の所属する高崎量子応用研究所の加速器施設が紹介された。講師は学生時代から放射線を用いたセラミック材料の開発に従事してきた。本講演では時間の都合で図2に示すようにSiCセラミックに限定した内容であった。照射はイオンビーム、電子線、γ線と多岐に亘る。何れも高崎量子応用研究所に設置されている。

超耐熱 SiC 繊維は、東北大学の矢島聖使先生が 1970 年代に発明された方法では、ケイ素高分子を線維化し不溶化後に焼結して作製する。この方法では 1400°C 以上で結晶化して力学特性が低下する。それは繊維中に残っている酸素が、 $\text{CO}_2$  に変化するためであることを講師は学生時代の研究で見出した。耐熱性向上への挑戦として繊維中の酸素を減らすために、従来の加熱による酸化ではなく、放射線による架橋を用いる方法を開発した。しかし、不活性ガスや真空中で照射しても容器から出すと空気中の酸素と反応が起きる。そのため照射後ラジカルを消滅させる工夫が必要であった。最終的には図3に示すように 1700°C でも十分な強度をもつ繊維が完成した。工業化も進み、次世代の旅客機に使用される予定である。実験レベルでの成功から製品化まで 20 年掛かったそうである。

酸素の影響を防ぐ研究に酸素を有効に利用できないかとの発想からマイクロチューブの開発に繋がった。酸素中で γ 線、



図 1 講演中の杉本講師

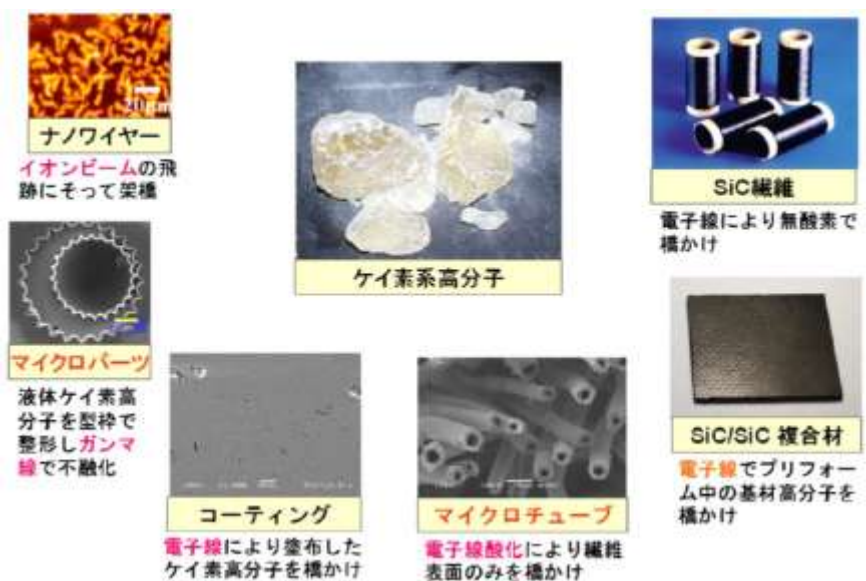


図 2 ケイ素高分子 と 量子ビーム応用

電子線で照射し加熱することにより表面が酸化し溶媒に溶けないものができた。

単一粒子ナノ加工技術 (SPNT) によるナノファイバーの合成では、イオンがその周囲にエネルギーを与えることにより、イオンビームの個々の粒子で高分子材料からナノファイバーを形成するという、世界最小の材料ナノ加工ツールを開発した。照射は高崎の TIARA を用いてのビームスキャンにより  $10 \times 10 \text{cm}^2$  の領域が可能である。成功したポリカルボシランナノファイバーでは、薄膜の厚さに対応したファイバーができるため、長さの揃ったファイバーを作製できる。軽いイオンを使うと飛程が長くなるので、長いファイバーができるが細くなるそうである。

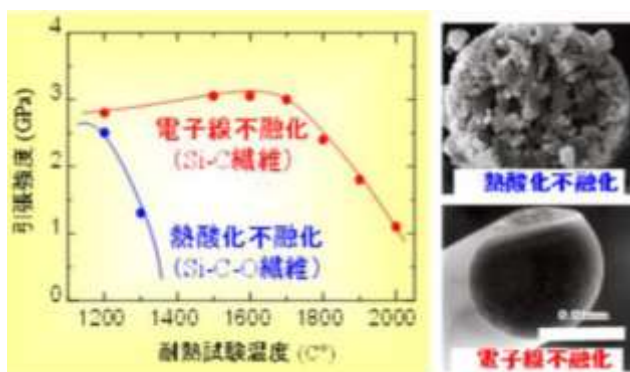


図3 引張試験結果と 1500°C 試験後の繊維断面

最近のフラーレンの繋がったもの、蛋白ナノワイヤー、ヒト血清アルブミンナノワイヤー等についての紹介があったが時間の都合で詳しい説明は省略された。

質疑応答では、単一粒子ナノ加工技術で用いるイオンのフラックスは  $10^9$  イオン/cm<sup>2</sup> と非常に低いとのこと。基板からナノファイバーを取るのには、製品を作るポリマーと基板の間に架橋しないポリマーの層を作れば良いとのこと。講演で話す時間のなかった水素分離膜は、高温ガス炉 (HTTR) で生成した HI が H<sub>2</sub> と I<sub>2</sub> に分離した後に H<sub>2</sub> を取り出すために必要であるとのことであった。

講師は放射線を用いて、簡単に、どんなものでも、自由に組みわせて、誰にでも・何にでも応用できるナノ構造体形成技術を目指している。今後の活躍に期待が高まる。

(義家敏正記)

## 2. 放射線とサンルックス、そして放射線教育の教材開発へ

(株) サンルックス 代表取締役社長 長谷 仁、  
新商品開発・営業部 参与 来田 文夫

(株) サンルックスは 1978 年の創業以来、視力補正用プラスチックレンズ製造一筋に、100%メイドインジャパン、世界最高品質のレンズを 1 億枚以上生産している。この技術を生かし、新しいプラスチックレンズの研究から日本原子力研究開発機構との共同研究で放射線着色の特許を取得、その後 α 線観測プラ板 SUN9、生分解性放射線実験樹脂などの学校教育教材を開発・発売している。サンルックスの研究開発と放射線の関りについて紹介された。会社の経営理念は、顧客第一主義、全社員の経営参加、利潤の適正配分、自己実現の追求の 4 点である。



図1 質疑応答中の長谷講師 (右)、来田講師 (左) と工藤氏

図1 質疑応答中の長谷講師 (右)、来田講師 (左) と工藤氏

レンズは屈折率が重要である。プラスチックレンズでは屈折率が 1.5 から始まり現在は 1.7 までのレンズが作られている。生産工程はモノマーを調合して型に注入して 18 時間～3 日程度重合させて、その後カットしてアニール後全数外観検査と光学検査を行う。型は 100 回程度利用できるそうである。

放射線の学校教材の開発は 2009 年に、北陸テクノフェアの日本原子力研究開発機構のブースで、放射線技術の眼鏡レンズへの可能性を相談したことから始まる。その後放射線で黄、茶、グリーンの発色が可能であることを見出すと共に、練り込むモノマーの種類による違いを確認し、2013 年に放射線着色の特許を取得した。従来の染色方法は、レンズを高温の染色液に浸すもので、染色液を毎日作る必要があり、廃液処理の問題があった。放射線による方法はこの問題が解決できる。また長年使ったメガネを着色してサングラスとしての再利用が可能である。



図 2 (株) サンルックス全景

レンズは元々紫外線をカットしているが、更に青色を減少させることがスマホ、タブレットやパソコン利用時の目の保護のために必要である。図 3 に示すように  $\gamma$  線の 5kGy 照射で 50%、25kGy で 10% に減少できるため、目に優しいレンズとなる。またこのような着色手法は学校教材としても活用できる。

$\alpha$  線観測プラ板 Sun9 の開発は、霧箱以外の放射線の軌跡を目で見えないか、との学校現場からの要望により始まった。 $\alpha$  線照射後のエッチングでは、軌跡が観察し易いようにピットを大きくすること、エッチング時間を 1 回の授業中で終わるように、20 分とするなどの工夫がなされた。実験に必要な器具をセットとしても販売されているとのこと。学校への出前授業での教材として、或いは科学展などでの展示で好評である。

Sun9 はアルカリの沸騰水を用いていることを改善するために、生分解性放射線実験樹脂を原子力機構との共同で開発した。生分解性ポリカプロラクトンは融点が 60℃であるが、放射線照射により耐熱性が向上する性質をもつので、湯で実験できる利点がある。未処理品では湯に浸漬すると樹脂が伸びるが、再度浸漬しても元に戻らない。しかし放射線照射したものは、湯に浸漬後に伸びたものを再度浸漬すると、元に戻るという記憶効果がある。どうして記憶効果があるかについて質問があったが、現在解明中であるとのことである。教材としては昨年より発売されている。窓の側で 1 週間放置すれば、 $\alpha$  線を検出できるとのこと。眼科医の処方箋どおり簡単にメガネができるのは、600 種類もの在庫があるからである。しかし、遠近両用などは個別に作らなければならない。ビー玉の  $\gamma$  線照射では時間で色変化する。同様にレンズの退色も 3～4 日進むそうであるが、8 カ月ほどで安定す

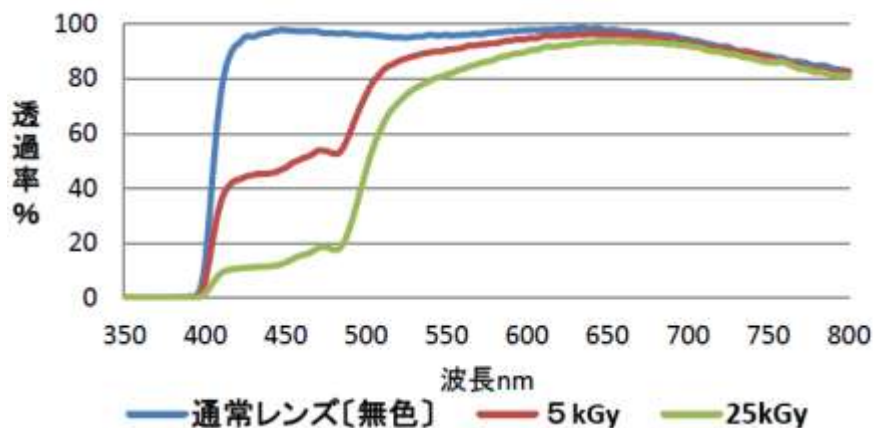


図 3  $\gamma$  線照射によるブルーカット

る。どうして記憶効果があるかについて質問があったが、現在解明中であるとのことである。教材としては昨年より発売されている。窓の側で 1 週間放置すれば、 $\alpha$  線を検出できるとのこと。眼科医の処方箋どおり簡単にメガネができるのは、600 種類もの在庫があるからである。しかし、遠近両用などは個別に作らなければならない。ビー玉の  $\gamma$  線照射では時間で色変化する。同様にレンズの退色も 3～4 日進むそうであるが、8 カ月ほどで安定す

るとのこと。プラスチックレンズの着色は製品により異なるのではないかと質問には、メーカーにより異なるが組成が分かれば予想はできるとの回答であった。

会社の持つ技術を教育の場まで広げていることに、参加者は大きな感銘を受けた。放射線による着色、ピットの形成、伸びの回復等視覚に訴える方法は非常に有効であり、子供たちに深い印象を与えるとのことである。

(義家敏正記)

### 3. 最近の電子線照射装置 (EPS) 利用分野の動向と装置の特徴

(株)NHVコーポレーション 加速器事業部 中西 良太

(株)NHVコーポレーションは50年以上に亘り、低エネルギーから高エネルギーの電子線照射装置 (EPS) を製造・販売してきた。これまでにタイヤ・電線業界やキュアリング分野など、400台以上のEPSを日本や世界30カ国以上に納入している。最近では殺菌分野や炭素繊維の製造工程で利用されるなど、様々な分野で広がりを見せている。

本講演では①従来の利用分野、②従来分野の最近の動向、③最近の利用分野の動向、④電子線照射装置の紹介、⑤会社紹介の順で講演が行われた。

EBの効果としては、図2に示すように、架橋、グラフト、重合、崩壊が挙げることができる。EBの応用例としては架橋を利用した電線皮膜、熱収縮チューブ、断熱材、グラフトを利用した機能性衣類、セパレータ、水処理用フィルター、重合を利用した転写フィルム、看板、厚紙、崩壊を利用した殺菌・滅菌、テフロン分解等がある。自動車用電線の場合、EB照射により耐熱温度が125℃から350℃に上昇する。

従来分野の最近の動向としては、タイヤ用では電子線照射がこれまでの欧米、東南アジア諸国、中国からロシア、南アフリカなどの実績のない国でも導入され始めたこと。上位10社以外の中堅クラスのメーカーも導入を始めたことが挙げられた。

最近の利用動向では SiC 繊維の製造が挙げられた。航空機次世代エンジンのタービブレードに採用された。耐熱が1800℃なので、冷却システムが不要になり、エンジンの軽量化、燃費の向上が期待される。その他細胞培養材のグラフトや水処理用吸着材の製造についても説明された。

最後に電子線照射装置の説明が行われた。走査形 EB 装置は微小なフィラメントから電子が放出されるのに対して、エリアビーム形 EB 装置は、長いフィラメントを使い広い領域に一度に照射できる利点



図1 講演中の中西講師

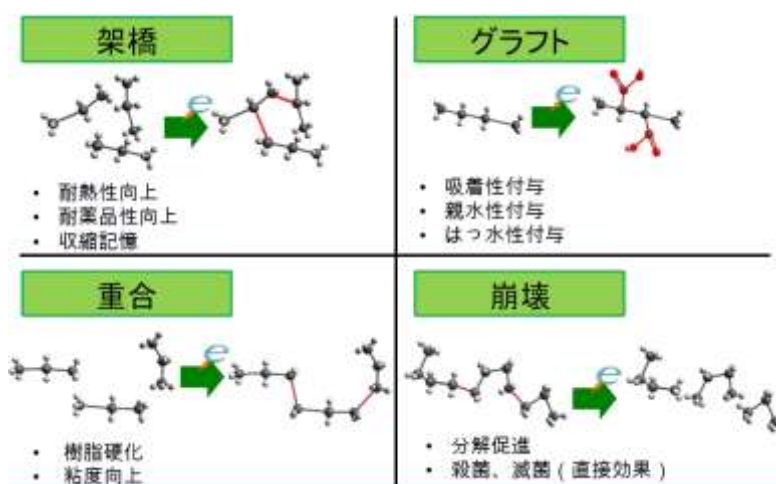


図2 電子ビームの効果

がある。

(株) NHV コーポレーションは 2003 年に設立されたもので、電子線照射装置の製造・販売・アフターサービスと電子線照射サービスを行っている(図 3 参照)。京都 EB センターでは 250-800 kV のスキャンタイプが 2 台、150keV から 200keV エリアビーム形が 2 台設置されている。前橋 EB センターでは 1000-3000kV の走査形、九州 EB センターでは 400-800kV の走査形が設置されている。

食品照射については、日本ではジャガイモしかないが、外国では 2-3MV でタケノコの照射等に利用されている。EB 装置の利用は、その殆どが最終的には自動車向けになるのではないかとの指摘があった。ロシア製加速器もロシア国内や中国では使われているが、日本製は実績があるため、重要な位置を占めているとのこと。他社との住み分けはエネルギー範囲による。照射領域は最大 240cm



図 3 会社紹介 拠点

のスクリーンまで可能。NHV の自己遮蔽型は 800kV までであるが、他社では 1000kV までのものもある。

1 つのメーカーが、装置の開発とその照射サービスも行うことは、顧客のニーズも掴み易く、NHV の発展の 1 つの理由であることが良く分かった。

(義家敏正記)

#### 4. 自由界面からの液晶高分子膜の光配向制御

名古屋大学 大学院工学研究科 教授 関 隆広

高分子、液晶、ゲル等のソフトマテリアルはダイナミックな強い分子協調性をもつため、興味ある現象が発現する。基板表面上の光反応を介して液晶物質(メソゲン：剛直かつ配向性を有する官能基)が配向する光配向現象は 30 年近く前に見出され、最近では高精細な液晶ディスプレイパネルの製造過程に導入されるなど、その重要性は増している。液晶による表示機構は、2 枚の直交する偏光膜の間に、配向膜に挟まれた液晶を入れ、その配向を電圧制御することで光の透過を制御するものである。最初の液晶製品は 1971 年にスイスで作られた時計であり、現在も動いているそうである。

講師のグループでは、液晶高分子膜において、固体基板上ではなく空気側の表面(自由界面)の配向作用が強く、自由界面からの光配向制御が可能であること



図 1 講演中の関講師

を最近見出した。自由界面からの液晶物質を配向させるアプローチの背景、特徴、展望などが紹介された。

マイクロ相分離構造の誘導配向化には紡糸、せん断などの流動配向、化学特性や表面形状の表面パターンの利用、電場、磁場の外部場の利用があるが、講師らは光の利用を考えた。図2に示すようにポリスチレン-アゾベンゼン液晶ポリマーブロック共重合体の光照射で、縦から横に配向が変化する現象を説明するために、分子が切れてサブドメインが形成し、それが回転して配向するというモデルを提唱している。

光に応答しない液晶高分子に光応答ブロック共重合体を3wt%混合したものを125°Cで10分焼鈍すると、自由(空気)界面からの構造制御により、光の偏光方向に分子が配列することができる。図3はその例である。絵をプリンターで描き、光を当てるとインクの無い部分が配向する。下図は偏光方向で図の見え方が異なることを示す。描画はインクが機能をもつが、この場合インクはマスクであり、土台が変化する(コマンドインク)。

最後に講師が2016年11月

24-27日に開催するPhoSM2016(2<sup>nd</sup> International Conference on Photoalignment and Photopatterning in soft Materials)の紹介で講演が終わった。

液晶ディスプレイは、国内では最初が電卓で、その後テレビ、携帯電話と広く普及したが、その表示機構については多くの方は殆ど知らなかったのではないだろうか。初期の電卓では画像を早く動かす必要が無かったが、テレビでは動画になる。そのためには技術的な飛躍が必要であった。液晶技術の過去の発展と、今後の研究課題について今回の講演で良く分かった。

(義家敏正記)

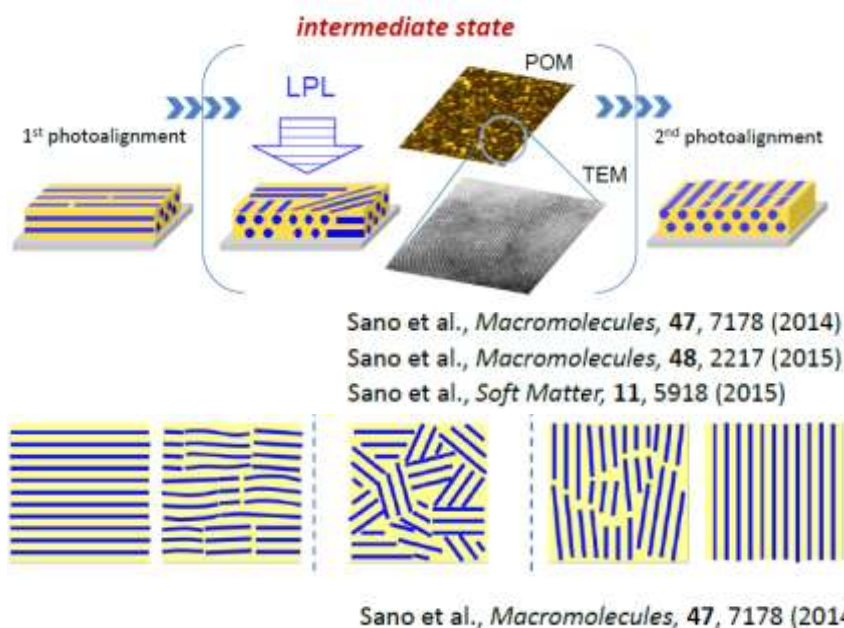


図2 ミクロ相分離構造の光による配向変化(上図)とその機構(下図)

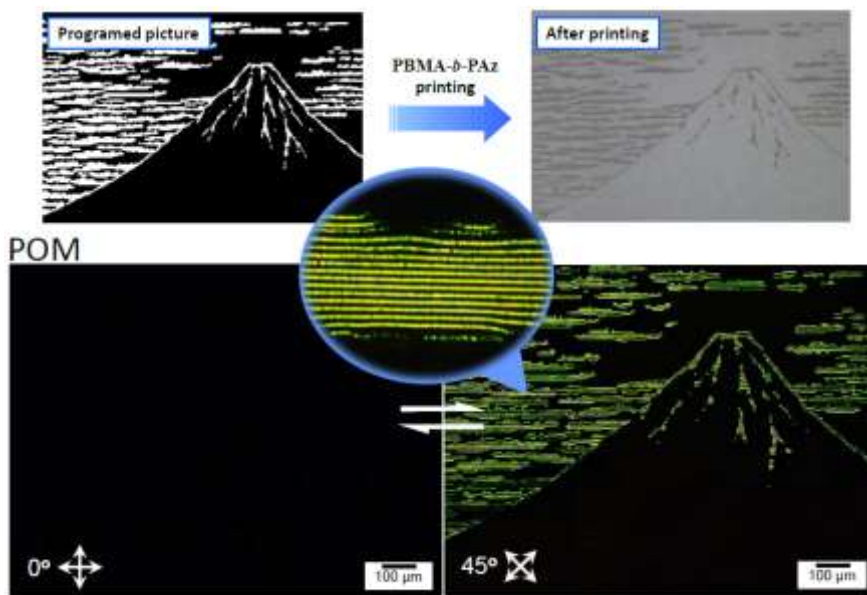


図3 インクジェット描画(コマンドインク)