The Technical Association of Photopolymers,Japan

フォトポリマー懇話会　ニュースレター

No.84 October 2018

イノベーションに関わる雑感あれこれ
－大学研究・産学連携・人材育成－

千葉大学　特任教授
青合　利明

はじめに

36年間のフィルム会社での研究開発生活を卒業し、縁あって現在、大学で理工系大学院生の教育に携わっている。企業での研究開発や新規事業開拓の経験を活かし、将来、イノベーション創出に貢献できるような研究力・人間力を有する人材の育成に、微力ながら取り組んでいる。前職では「イノベーションによる新たな価値の創造」を旗印に、永く研究開発に関わった。最近は「イノベーション」という言葉も随分身近になった。テレビニュースや新聞・雑誌を始め、いろいろなメディアでイノベーションが取り上げられ、その言葉を目にしない日は無いような状況である。使い方はさまざまであるが、特に否定的に見る積りは全くない。

一方、大学研究や国主導の数々のプロジェクトでも、ゴールをイノベーションとするケースが多くなった。理由はいろいろあると思うが、内閣府　総合科学技術・イノベーション会議が策定する科学技術基本計画の中で、第4期（2011年）以降、大学研究においても最終目標をイノベーションに置くようになったことが原点と言える。なお第5期（2016年）では、社会課題を解決するイノベーションとして、Society 5.0（超スマート社会）の実現を重点テーマに位置付けている。

イノベーションとは

さて改めて考えるとイノベーションとは何であろうか。この概念を世に出したシュンペーターは、1934年に「いくら馬車を列ねても、決して鉄道にならない」ように、イノベーションを全く新たな組み合わせ「新結合」と定義した。その対象は科学技術に留まらず、新商品・サービス、生産方式、販路、原材料の供給源、さらに組織にまで及んでいる。なお日本においては、1958年の経済白書でイノベーションが「技術革新」と翻訳され、その定義が一般に浸透した。しかし企業人がこの言葉を大いに意識し出したのは、クリステンセンの「イノベーションのジレンマ」（2001年翻訳本発刊）以降のように思う。米国の多くのケーススタディから、「大企業の優秀な経営者がユーザーの声を真摯に聞き、合理的な経営判断を行う結果、必然的に破壊的イノベーションに飲み込まれ、企業を破滅に導く。」との主張は、衝撃的な驚きをもって多くの企業人の心を揺さぶった。現在では、イノベーション創出は社会への貢献と共に、企業の繁栄・発展を実現するために必須な事柄と位置付けられ、多くの企業でビジョンや理念にその精神を掲げている。企業における研究開発や新規事業創出の活動は、言わばイノベーションを具現化する一つのプロセスと見なせる。

イメージをもう少し明確にしよう。大学講義で身の回りにあるイノベーションは何かと問うた場合、いろいろな答えが返ってくる。例えば、資料の整理・メモ書きなどに有用な付箋「ポストイット」、消せるボールペン「フリクションボール」のような文具から、「アマゾン」や「メルカリ」のようなインターネットマーケットに至るまでさまざまなものが挙げられる。その中で多くの人に「これこそイノベーション！」と共通の認識を持たせる商品は、恐らくアップル社のi-Pod & i-Tune StoreやiーPhoneであろう。iーPhoneを始めとするスマートフォンは、現在20億台以上が世界中に普及し、固定電話、パソコン、さらにコンパクト

デジタルカメラに対する破壊的イノベーションとして、これらの商品に致命的なダメージを与えた。現在はコミュニケーション、情報検索、写真撮影＆画像共有、ゲーム、さらには金融決済、健康管理などに対する便利なツールとして、人々の生活の形を変え、今や無くてはならないモノになっている。

このケースをもとに考えると、イノベーションとは「新たな技術・商品や仕組みの創出により、人々の生活／組織の行動／社会の規範に、新たな価値（文化）を提供するプロセス、またはその成果」と表現できる。日々の研究現場で出合う新たな発見・発明（インベンション）は、勿論研究者にとって重要なものに違いないが、そこに止まらず製品化・生産・販売を含め、広く市場普及・産業化まで到達してこそ、イノベーションを創出したと評価できると考える。

大学の研究と企業の開発

果たしてこのようなイノベーションを大学で実現することは可能なのだろうか。大変な困難さがあることは想像に難くない。そもそも大学研究において、企業が担うべき実用化のための資金・人材・設備を保有していない。イノベーションをゴールに掲げる中、また運営費交付金が年々減少し研究費確保に多大な労力を要する中で、大学研究でどこまで実現できるかが懸念される。本来、大学研究の目的は、真理（不変性）の探求であり、その根源は「自分自身との対話」である。一方、イノベーションを希求する企業の開発の目的は、経済価値（差異性）の追求であり、それは「顧客との対話」で実現される。大学と企業では、基本的に向いている方向が異なっている。

また新たな科学技術に基づくイノベーションを前提にすると、イノベーション創出までには、基礎研究、開発研究、製品化・事業化、産業化（社会へ新たな価値の提供）に至る流れがあり、その間に存在する３つの壁、俗に言う「魔の川」「死の谷」「ダーウィンの海」を乗り越えることが必要となる。最近では企業サイドにおいても、グローバル化の荒波で製品開発のスピードが著しく速まる中、製品のコモディティ化（付加価値低下）が一気に進展するようなビジネス環境に直面している。大企業と言えども、基礎研究から製品化・事業化、さらに産業化まで、全てを自前で進める余裕が無くなっている。昨今のオープンイノベーションの取組みも、その対策の一環と言える。

産学連携

このような状況の下、基礎研究を担える能力は、やはり大学（大学発ベンチャー含む）にあり、大学と企業がイノベーション創出の目標を共有し連携して行くことは、機能的にも能力的にも補完関係として理に適う。

しかしながら、大学と企業の間の認識ギャップ（組織としての目的の相異）があり、大学の基礎研究の成果が、民間企業になかなか移転されない現実があるように感じる。一般に企業における製品開発では、初期段階から市場・用途に合わせ長期的な視点に立った事業戦略が必須になる。そこには効率的な生産まで踏まえた技術の高度化と、安全・安心な製品にするための技術の洗練が含まれる。不安定で生産に適さない材料、高価な希少元素や毒性の物質は、開発初期で除外される可能性が高く、最終的に商品にはなり難い。

すなわち、潜在的に製品化が可能な新規性・独創性が高い大学研究であっても、未知の要素が多く、リスク大と評価される可能性がある。「安定性・安全性などに不明な点があり、製品化するにはまだまだ時間が掛かる」とみなしがちになる。また研究成果となる知財権の扱いに関しても、企業と大学の立場の違いから、共同化の入り口で揉めることが多々ある。

大学サイドからは「素晴らしい発見・発明をしたので、企業で製品化して欲しい」との声はよく聞く。それを実現する上で、企業サイドがその研究の将来価値に対し評価能力を高めることは重要であるが、加えて大学サイドも研究を製品に繋げるイメージをいっそう持ち、その価値を高める取組みを今一歩進めることが必要かもしれない。大学と企業とが相互に歩み寄り、主体的に関わって、基礎研究から開発研究、さらに製品化・事業化へボールを繋げることが重要と思う。

人材育成

イノベーションは、現在、企業技術者だけでなく大学研究者にとっても重要であり、その成果を大いに期待されている。しかしその実現方法について、恐らく学生時代には何も教えられていない。また学業成績とイノベーション能力の間に、必ずしも一次的な相関関係があるようには思えない。その能力は天賦の才能だけでなく、恐らく効果的に実現させる考え方や姿勢があるのではないかと感じる。

イノベーション（ここでは持続的イノベーションでなく、クリステンセンが言うところの破壊的イノベーション）は、正に過去からの非連続な飛躍であって、過去からの延長ではない。今まで存在しなくても、ある瞬間にパッと出現する。科学研究の視点から見ると、身の回りに現れる「偶然」を「必然」の形に固定化するプロセスとも言える。偶然は恐らく皆に公平に現れるが、捉まえる能力に個人差がある。その資質の中身は、いつもと違うことに気付く感性（似た言葉に“*Serendipity*”）であり、その源泉は「好奇心」にあると思う。専門力を磨き、好奇心旺盛に研究を愉しみつつ、だが固定観念には捉われず、問題意識のアンテナを無意識に張り巡らせ続ける研究者が「偶然の微笑み」に気付くチャンスを得ると言える。

そのように考えた場合、現在の理工系大学生はどうであろうか。「最近の学生は…」的なお説教話をする気はなく、一般論化した話にする積りもないが、博士前期課程（修士課程）の学生の一部（または多く）は、本格的に研究に取り組める大学院時代に、「就活」を学生生活の中心に置いているケースが往々にして見られる。大学院修士1年の8月から企業インターンシップに始まり、翌年早くからエントリーシート、Webテスト、面接の準備に入り、3月から企業説明会、その後直ぐに面接がスタートし、その活動が修士2年の7、8月頃まで続く。息つく暇もない状態である。希望する就職先も、仕事の内容より名前が知られた大手企業が中心になり、最近は安全を見越して平均的に30〜40社も応募すると言う。現実に1社しか入れないことを踏まえると、誠に非生産的である。その間の学生＆企業双方の負荷を考えると、正に異常な状態と言える。就活に追われ、大学院時代に研究の愉しさ、醍醐味を感じる機会が損なわれ、そのまま卒業する学生が多くなっていないかと気になる。またそのような状況のもと、博士後期課程に進み、研究を続ける意欲ある学生が減っていることになれば残念である。勿論自分の将来に関わる就職は、人生の重大事であることは充分理解できる。その一方で社会に出てイノベーションに関わる機会を小さくしているような気がしてならない。これは学生側の問題というより、このような採用仕組みを取る企業側の責任の方が大きい。結果的に本来の採用目的である、論理的思考力／課題発掘・解決力／コミュニケーション能力を有する人材、好奇心旺盛で主体的に行動し企業の成長に貢献できる人材の獲得に、相反することになってはいないかと危惧する。

現在の状況を直ぐに変えることは現実的に難しいが、何れこのような状況に見直しが入ることを期待したい。筆者自らできることは誠に小さく、もどかしさも感じるが、自分の経験をFace-to-faceで伝える中で、研究の愉しさを感じ、チャレンジ精神を涵養する教育を進めて行きたい。それがイノベーション創出に関心を持つ人材の育成に繋がれば幸甚である。

【研究室紹介】

東京大学　大学院工学系研究科マテリアル工学専攻　一木研究室

教授　　一木 隆範

東京大学のマテリアル工学科でナノバイオデバイス研究室を主宰しています。私のオフィスは本郷キャンパスのレトロな建物、工学部4号館の中にあります。マテリアル工学科は、1871年に工部省により開設された工学校と1873年文部省により創立された開成学校の2つに源流を持ちます。1885年に工部省が廃止されると工学校が文科省に移管され、1886年、帝国大学工科大学（東大工学部の前進）の採鉱及び冶金学科となります。その後、戦前戦後の科学技術の進歩と産業構造の変遷にともなって拡張、改変を重ねて工学部冶金学科に、さらに金属工学科および材料工学科などの組織改編を経て、1999年に現在のマテリアル工学科にいたります。2004年からはバイオマテリアル、環境・基盤マテリアル、ナノ・機能マテリアルの3コース制となり、現在は、金属、セラミックスはもとより、半導体や高分子を含む広範な材料をカバーする研究と教育を行っています。

ナノバイオ研究にいたるまで

私の現在の研究活動を紹介する前に、そこにいたるまでの経歴を述べて、研究室のビジョンと背景をご理解いただく一助にしたいと思います。

私は本学の金属工学科（当時）で、立方晶窒化ホウ素というワイドギャップ半導体材料合成の研究で学位を取得後、95年に堀池靖浩先生（当時、東洋大学工学部電気電子工学科）の研究室で助手として採用していただきました。堀池先生は㈱東芝でのケミカルドライエッチングの開発など、半導体微細加工技術の先駆的貢献者として有名な方です。フォトポリマー関係者の皆様には、NEDO「極端紫外線（EUV）露光システムの開発」のPLとしてご存知の方もおられるかと思います。

堀池研ではLSIの前工程や将来のナノエレクトロニクスを見据えた極微細加工プロセスに関わるさまざまな研究テーマを手掛けていました。高アスペクト比構造の高速加工、Cu配線、low-k、high-k材料などの新しい材料、プロセスが次々に検討・導入された時期でした。何台ものプラズマ装置を自分で設計、製作し、さまざまな微細加工プロセスの研究に奔走しました。半導体技術を支える英知の奥深さとエッセンス、あらゆる手段を尽くして目的を達成する業界のタフネスさ、ドッグ・イヤーとも言われる技術開発のスピードなど、そして何よりも実用に繋がる研究の重要性を、身をもって知ることができました。

また、着任間もない96年に文科省の私立大学整備事業の採択を受けて「バイオ・ナノエレクトロニクス研究センター」という名称の研究所が学内に建設されました。スーパークリーンルーム（クラス1）をゼロから立ち上げ、活動の拠点として日夜研究に没頭しました。センターの名称は、有り体に申せば大人の事情によるものでしたが、このセンターの存在が、私が後年、ナノとバイオの融合に注力する一つのきっかけとなりました。東洋大に務めて3年が経つと、30歳にして否応なくPIとして研究室を運営する立場になりました。堀池教授が東大へと招聘されて移動したためです。

さて、一部を除く私学の多くは学術論文を入手するだけでも容易ではありません。そこで、他人の仕事は意図的に目に触れず、常識の逆を模索する、時間を惜しんで試行錯誤し、オリジナリティに拘ることを貫きました。そうすれば、論文調査ができずとも他人と研究が重なる（二番煎じに陥る）リスクは低いと考えたからです。下手すると研究がガラパゴス化しかねない話で、今の学生に真似しなさいとは全く勧めませんが、2000年頃に手掛けた大気圧マイクロプラズマジェットや1細胞計測の構想に基づいたセルソーターデバイスなどは突然変異的な着想（妄想？）で、学会発表の際には会場の空気が変わったのを今も覚えています。

2002年になると、米国の後を追って国内でもナノテクノロジー推進の追い風が吹きました。JSTさきがけで、ナノテク融合領域の研究提案が公募され、マイクロデバイスを用いた1細胞解析のテーマで採択していただきました。以降、半導体分野の技術や知見をバイオ分野に展開し、材料・プロセス技術の新たな価値の創造を目指すことが私の研究の骨太の方針になっています。

2004年、東大工学系研究科の総合研究機構に任期付きの助教授ポストを得て、新たに研究室を立ち上げる際には、異分野融合の徹底にこだわりました。エレクトロニクスから分子生物学まで異なる分野のヒト、モノ、チエのリソースが一つの研究室に混在しています。異なる学問分野（ディシプリン）の文化、考え方を、個人のレベルで咀嚼し、理解できるような人材が育つことが理想形ですが、まずは実践の場を作ることから始めました。その後、私の所属は2006年に新設されたバイオエンジニアリング専攻に、2016年には現在のマテリアル工学専攻に移りますが、半導体技術の根幹をなす材料、プロセスとその統合（インテグレーション）技術に軸足をおきながら、医療や創薬の分野に役立つ新たな技術分野の創出を目指すというビジョンは一貫してきました。この間、次第に成果の蓄積と研究構想の深化が進み、JST CRESTや最先端研究開発支援プログラムFIRSTなどの大型の競争的研究資金の獲得や民間企業との共同研究などを通じて、研究室で扱う研究課題は基盤、要素的なものから社会実装の出口側からバックキャストして構想したシステム的なものにまでいたっています。また、2015年より公益財団法人川崎市産業振興機構ナノ医療イノベーションセンターの主幹研究員を兼務し、ここでは大学とは異なる環境の利点も活かしながら、独立したラボを運用し、研究開発を加速させています。ここは、革新的な新規医療技術の創出と社会実装を目的とする研究所ですが、電子ビーム露光装置やマスクレス露光装置、マスクアライナーなどが揃ったクリーンルームや3次元プリンター、超精密NC加工機など、ナノテクに基づく診断機器の試作開発が可能な施設、設備を有しています。（https://iconm.kawasaki-net.ne.jp/ichiki-lab/）ちなみに、この研究所が立地する「川崎市殿町地区」は羽田空港の対岸に位置し、国立衛生医薬品研究所をはじめ、ヘルスケア・ライフサイエンス関連の公的研究機関や民間の研究所の集積が進むホットスポットです。

現在の研究活動について

以下に、私が現在進めている主要な研究テーマを列挙して紹介します。

1．バイオアレイを駆使する酵素スクリーニングシステムの開発

医療・診断分野を筆頭に、食品加工やエネルギー生産など多くの分野において、酵素や抗体、ペプチドや核酸といった高機能性生体高分子の開発が求められています。そこで、高機能性生体高分子の開発手法として用いられている進化分子工学と、半導体製造で用いられる微細加工技術を統合することにより、高集積化マイクロアレイチップ上で生体高分子の人工進化を行う次世代型高速分子進化システムの開発を進めています（図1）。本技術は、解析可能な変異体分子数を劇的に向上させる（1チップあたり数百万種以上）とともに、取得した機能性データの定量的解析をもとに戦略的な人工進化を行うことで、高機能性生体高分子の開発効率の大幅な向上を目指しています。

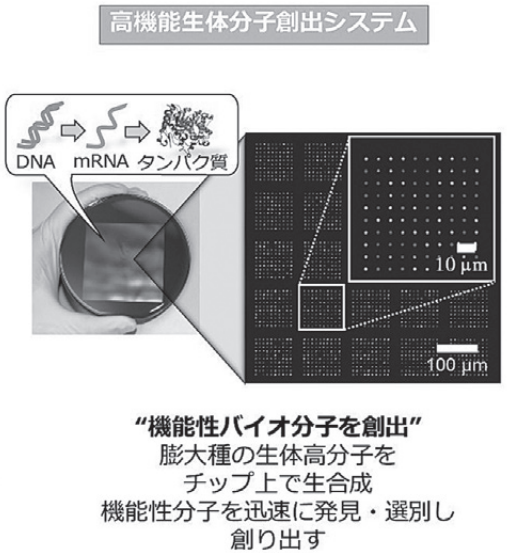


図１．バイオアレイを駆使する酵素スクリーニングシステム

２．がん診断デバイス

血液や尿、唾液などの体液に含まれるマイクロRNA（miRNA）が、さまざまな疾患の診断に革新をもたらす有望なバイオマーカー候補として注目されています。miRNA診断の臨床応用に向けて、バイオマーカー開発とともに、簡便かつ信頼性のある診断機器の開発を協同して進めてゆくことが肝要です。特に、小型で自動化されたmiRNA検出装置を実現できれば、将来のmiRNA診断の広い普及につながると期待されます。そこで、体液中の分泌型miRNA検査による低侵襲がん診断の実現を目指し、マイクロ流体デバイス技術を用いた検体の前処理とDNAマイクロアレイによるmiRNA解析を統合した集積バイオデバイスの研究開発を進めており、その場での全自動がん診断を可能にする機器の開発にいたっています（図２）。

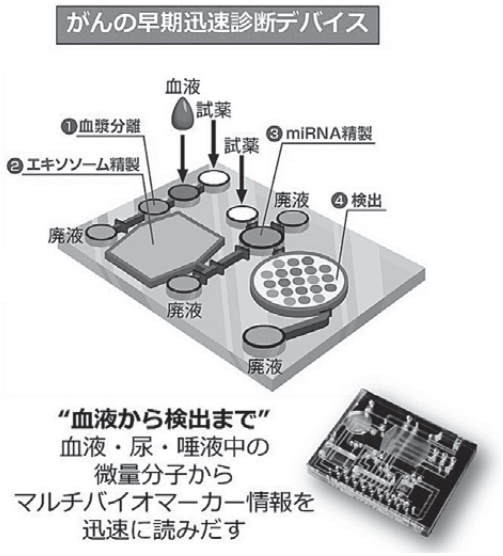


図２．がん診断デバイス

３．エクソソーム計測システム

エクソソームは、細胞が分泌するナノベシクルの一種です。がんをはじめとする難治疾患の早期検出や治療効果判定に利用できる疾病マーカー候補として注目されており、さらに、核酸医薬の薬物送達システム（DDS）、間葉系幹細胞由来エクソソームによる再生医療など、治療応用への期待も高まりつつあります。しかし、直径が数10〜100nm、かつ、不均質な粒子集団を分析・同定することは難しく、細胞外小胞の研究者の間で新たなナノ粒子の分析手段を求める声が高まっています。そこで、マイクロ流路デバイスを用いたエクソソームの１粒子プロファイリング装置の開発を進めています。

最後に、大学の工学部で新分野の開拓に身を置く者として、感じていることを記します。今日、経済の持続的な発展のために大学発イノベーションへの期待が世界的に高まっています。しかし、日本の大学の構造は明治時代に西欧先進国の科学・技術や産業構造をそのまま日本へ移植することを目的としていた頃から大きく変化できておらず、この要求に十分に応えているとは言えません。特に米国の大学からは比較にならないほど立ち遅れており、グローバル化する世界の中で埋没する危険性すら感じます。「シリコンバレーの父」として知られるスタンフォード大のフレデリック・ターマン教授がかつて「スタンフォードをteaching institutionとresearch institutionのいずれにしたいか？」と問われて、「learning institutionであるべきだ」と答えたそうです。きわめて示唆に富む答えです。新しい価値の創出こそが工学の目的であることに立ち返り、大学が何を為すべきかを日々の活動の中で実践していきたいと思っています。

研究室メンバーの写真

第35回国際フォトポリマーコンファレンスの報告

フォトポリマーコンファレンス組織委員　　遠藤　政孝

第35回国際フォトポリマーコンファレンス（リソグラフィー、ナノテクノロジーとフォトテクノロジー－材料とプロセスの最前線－）は、幕張メッセ国際会議場にて6月25日（月）～28日（木）に開催された。今年度の参加者は例年以上に海外からも含めて多く、約330名と盛況であった。

コンファレンスの講演は以下の英語シンポジウム、日本語シンポジウムにより行われた。英語シンポジウムでは新たにFundamentals and Applications of Biomimetics Materials and Processesが設けられた。

A.　英語シンポジウム
A1. Next Generation Lithography, EB Lithography and Nanotechnology
A2. Nanobiotechnology
A3. Directed Self Assembly (DSA)
A4. Computational/ Analytical Approach for Lithography Processes
A5. EUV Lithography
A6. Nanoimprint Lithography
A7. 193 nm Lithography Extension
A8. Photopolymers in 3-D Printing/ Additive Manufacturing
A9. Advanced Materials for Photonic/ Electronic Device and Technology
A10. Strategies and Materials for Advanced Packaging, Next Generation MEMS
A11. Chemistry for Advanced Photopolymer Science
A12. Organic Solar Cells – Materials, Device Physics, and Processes
A13. Fundamentals and Applications of Biomimetics Materials and Processes
A14. General Scopes of Photopolymer Science and Technology
P.　Panel Symposium “EUV Resist Sensitization and Roughness Improvement: Can We Get the Best of Both Worlds?”

B.　日本語シンポジウム
B1. ポリイミド及び高温耐熱樹脂－機能化と応用－
B2. プラズマ光化学と高分子表面機能化
B3. 光機能性デバイス材料
B4. 一般講演、レジスト除去技術

発表件数は英語シンポジウム124件、日本語シンポジウム51件の計175件と多くの講演があった。図1に英語シンポジウム、図2に日本語シンポジウムのそれぞれの発表件数の分布を示す。

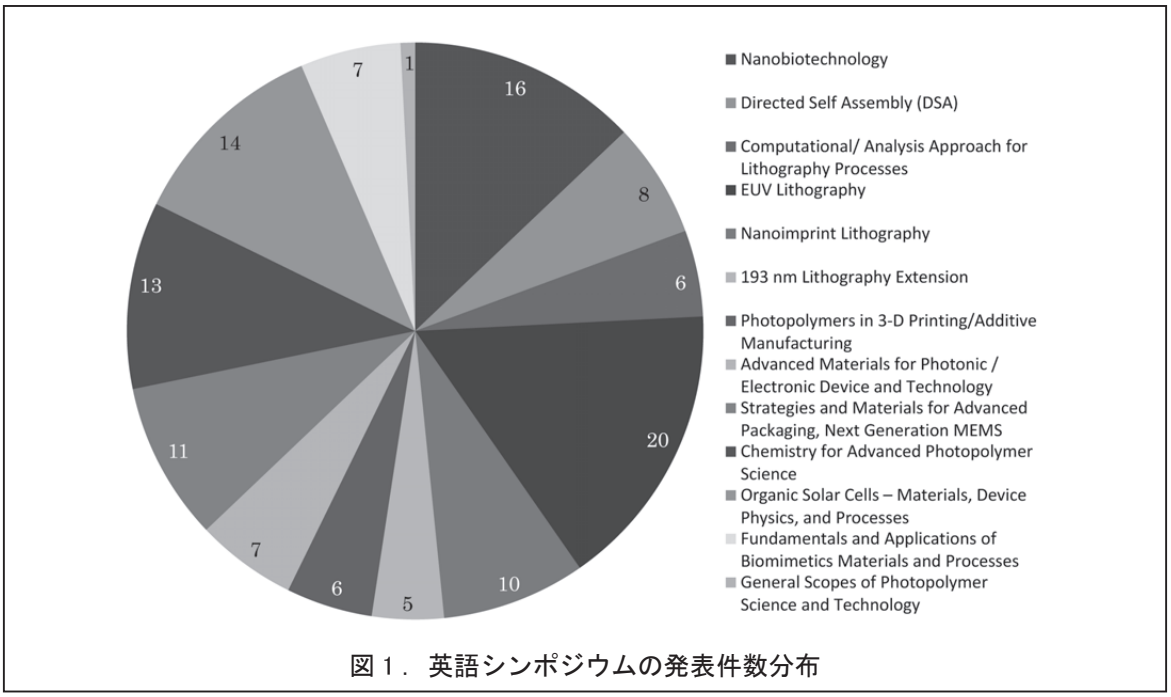


図1．英語シンポジウムの発表件数分布

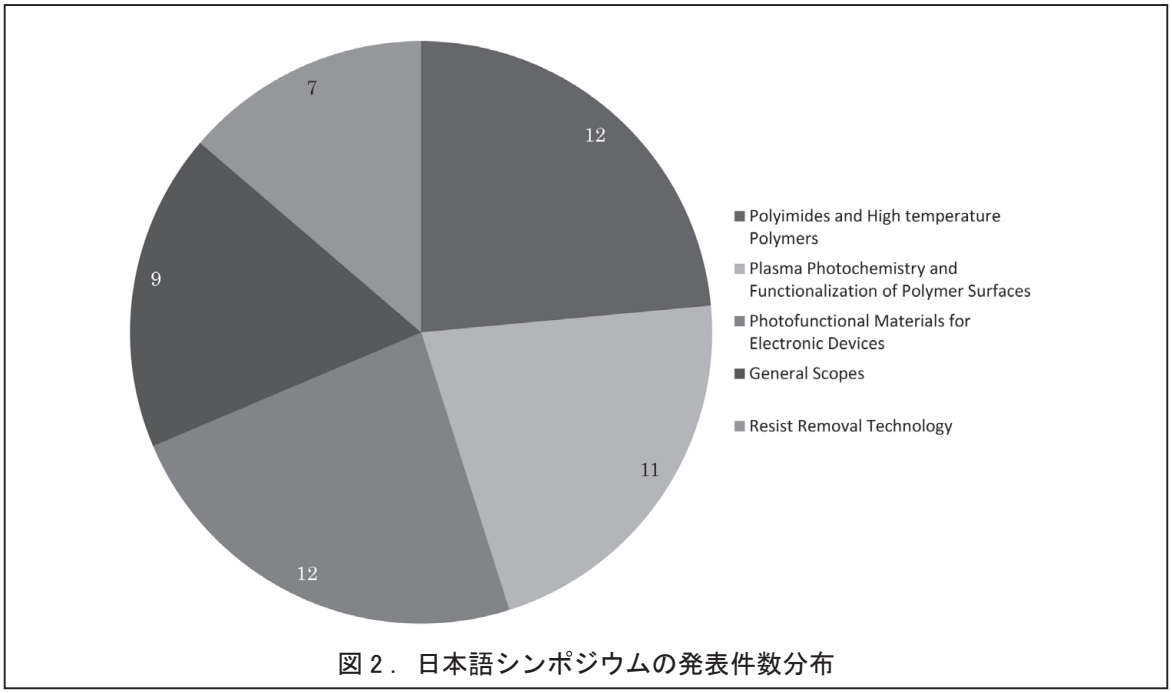


図 2．日本語シンポジウムの発表件数分布

コンファレンス初日の25日にはGet Togetherが開催された。海外からの参加者の出席が多く、和やかな雰囲気で交流ができた。

27日にはThe Photopolymer Science and Technology Awardの授賞式が行われた。今年度の受賞は3件で、以下の通りであった。

- The Outstanding Achievement Award：
  Prof. Fujimori（Tokyo Univ. Science）
- The Best Paper Award：
  Prof. Yagci et al.（Istanbul Technical Univ.）
- The Best Paper Award：
  Prof. Wang et al.（Nanyang Technological Univ.）

また同日開催されたBanquetはコンファレンス参加者間の交流を広げ、情報交換の場として非常に有意義であった。

コンファレンス期間中、Technical Exhibitionが行われた。本年は4ブースの展示があった。コンファレンスに関係する技術であり、いずれも興味深かった。

コンファレンスのジャーナルのインパクトファクターも高い値を得ており、コンファレンスの意義は益々重要になってきている。来年度以降も一層充実した学会となるように組織委員の一員として努力していく所存である。

第36回国際フォトポリマーコンファレンスは、2019年6月24日（月）～27日（木）に幕張メッセ国際会議場にて開催される。パネルシンポジウムは、Nanoimprint Lithography for Next Generationの主題にて行われる。

【新製品・新技術紹介】

UV硬化材料用潜在性添加剤

㈱ADEKA　情報化学品開発研究所光素材研究室　　中屋敷　哲千

1．はじめに

UV硬化技術は今や各産業へ普及し、ものづくりのための最も重要な手法の一つになっている。UV硬化技術とはUVにより活性種を発生する開始剤と、活性種によって重合（硬化）や分解といった変化をする樹脂とを組み合わせたシステムで、パターンの形成、接着、コーティング、印刷など幅広く利用されている。

当社は古くからUV硬化材料の研究開発を行い、数多くの製品を上市している。

表 1　UV硬化材料【ADEKA】

ｱﾃﾞｶｱｰｸﾙｽﾞ	組成	硬化ｼｽﾃﾑ	用途
KRｼﾘｰｽﾞ	エポキシ/アクリル系	一液、UV硬化	ｺｰﾃｨﾝｸﾞ剤、接着剤
KSｼﾘｰｽﾞ		一液、UV/熱硬化	接着剤、封止剤
KTｼﾘｰｽﾞ		一液、熱硬化	接着剤、注型
HCｼﾘｰｽﾞ		一液、UV硬化	ﾊｰﾄﾞｺｰﾄ剤
RFｼﾘｰｽﾞ	アクリル系	一液、UV硬化	高屈折ｺｰﾄ剤

製品群の中でも特に光開始剤は当社オリジナルな構造の製品を多くラインナップしており、使用する目的に合わせて適した光開始剤を選択することも可能である。

表 2　光開始剤ラインナップ【ADEKA】

分類	ｼﾘｰｽﾞ	対象	特徴
ﾗｼﾞｶﾙ系	NCIｼﾘｰｽﾞ	アクリル樹脂	高輝度、高感度
ｶﾁｵﾝ系	SPｼﾘｰｽﾞ	エポキシ樹脂	長波長、即硬化
塩基系	PBGｼﾘｰｽﾞ(開発品)	エポキシ樹脂	高感度

また、当社はプラスチック用の酸化防止剤やUV吸収剤といった添加剤についても多くの製品を有しており、UV硬化技術とこれらの添加剤関連の技術を組み合わせることで、UV硬化材料用の潜在性添加剤という新しい概念の製品を開発することができた。

2．UV硬化材料用潜在性添加剤とは

今回紹介するUV硬化材料用潜在性添加剤の特徴は、

① UV硬化を阻害しない
② 加熱により添加剤としての効力を発揮
③ 溶解性に優れる

である。特徴のイメージを図 1 、 2 に示す。

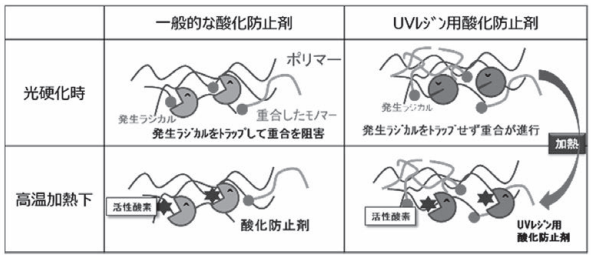


図 1　酸化防止剤型潜在性添加剤図

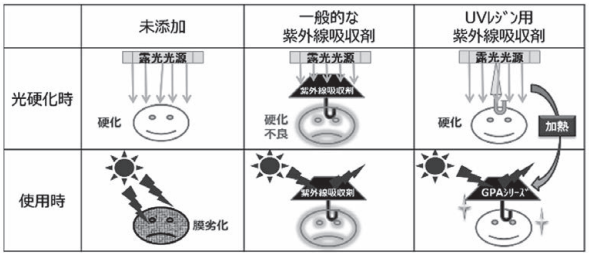


図 2　UV吸収剤型潜在性添加剤

通常の酸化防止剤は図 1 に示すように、光開始剤から発生したラジカルを捕捉してしまい、ラジカル重合の進行を阻害してしまうが、潜在化した酸化防止剤であれば光開始剤がラジカルを発生した段階ではこれを捕捉せず、ラジカル重合が支障なく進行する。その後加熱するとこの化合物は化学変化を起こし、酸化防止剤としての効力を発揮するようになる。同様にUV吸収剤についても図 2 に示すように、通常のUV吸収剤はUVを吸収してしまい、光開始剤が分解せずにラジカルは発生しにくくなるが、潜在化することで光開始剤の分解は阻害せずに、その後の加熱によってUV吸収剤としての効力を発揮するようになる。

効力を発揮させるために必要な加熱の条件は、200℃で30分程度である。この条件は周囲の溶剤や樹脂やモノマーによって多少変動する。また150℃程度でも変化し始めることが確認されているため、加熱の時間を調整すれば使用は可能である。

3．UV硬化材料潜在性添加剤の評価

本添加剤はもともと液晶ディスプレイのカラーフィルターに添加して、着色や劣化を防止する目的で開発したものである。従って、アクリル樹脂をフォトマスク越しにUV硬化し、アルカリ水現像することでパターンを形成するネガ型のフォトリソグラフィーでの評価を行った。まずは潜在性添加剤を加えることで、パターニング感度にどう影響するか比較した。その結果を図 3 、 4 に示す。図 3 では酸化防止剤型の製品アデカアークルズGPA-5001の硬化性を、フォトマスク越しのパターンの線幅で表している。ここでは一般的な酸化防止剤を添加した場合は、露光量を増加しても線幅が増えないのに対し、潜在性の酸化防止剤では、添加剤を何も添加しないのと同様に、露光量と線幅が比例して増加している結果が示されており、感度低下への影響はほとんどないと言える。同様に図 4 ではUV吸収剤型の開発品アデカアークルズGPA-1104の線幅感度を示した。こちらも潜在化することで、感度の低下を抑制できている結果となっている。

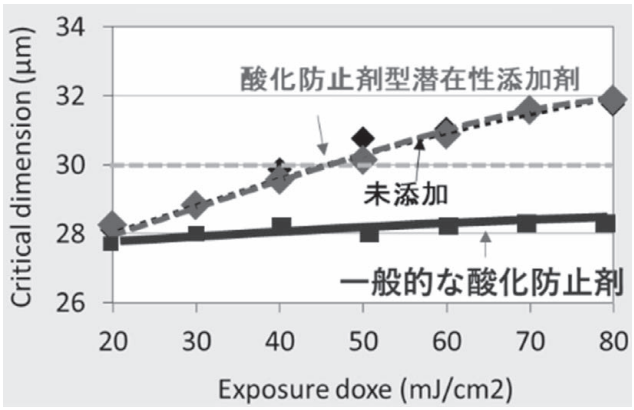


図 3．クリアレジストにおける線幅感度

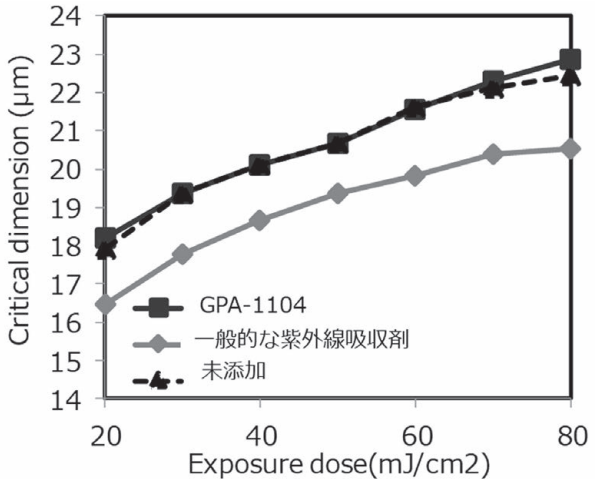


図 4．クリアレジストにおける線幅感度

次に潜在性の酸化防止剤をUVレジンに添加しUV硬化して加熱した後に、酸化防止剤として機能しているか耐熱性の評価を実施した。試験はアクリルモノマーを厚さ200 μmでUV硬化した膜を作成し、150℃のオーブン中に一定期間放置し膜の着色（YI）を測定した。その結果を図5に示す。結果は未添加に比べ明らかに膜の劣化＝着色を抑えていることが分かる。さらに添加量を増やすことで、抑制の度合いも上昇している。つまり添加量を増やすことで膜の寿命を、より延ばすことができる結果も得られた。

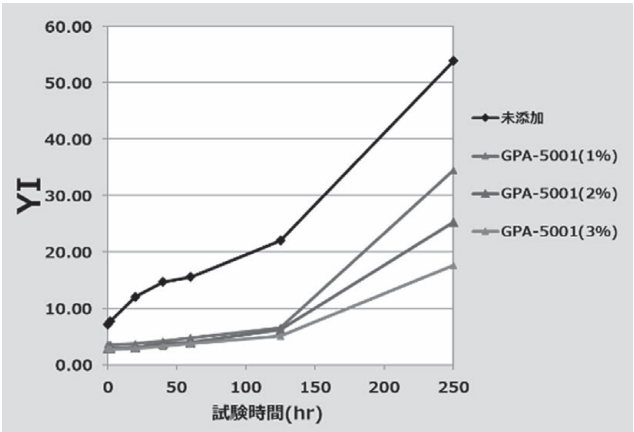


図 5．潜在性酸化防止剤の添加効果

次にUV吸収剤型の潜在性添加剤が、実際に加熱による化学変化の前後で、UV吸収スペクトルがどのように変化するのか評価を行った。その結果を図6に示す。評価には現在開発中の潜在性添加剤であるGPA-1103, 1104, 1105を用いた。UV硬化して加熱前の状態が図の中の点線であり、加熱すると実線にシフトしていることが分かる。点線の段階ではUVランプではメジャーな輝線であるi線を中心に、各輝線の光を吸収して硬化することができ、その後加熱すると吸収領域が長波長域へシフトして、太陽光から発せられるUV-AやUV-Bの有害なUVをカットできるようになる。

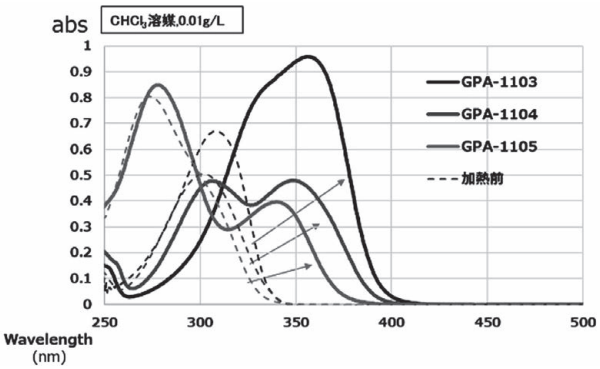


図 6．潜在性UV吸収剤の吸収スペクトル変化

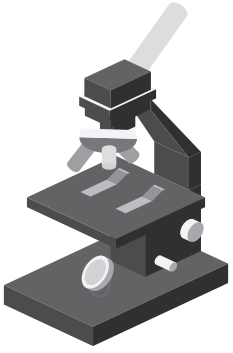
4．まとめ

UVコーティング膜やUV接着剤などで熱や太陽光により劣化を防止したい用途や、フォトリソグラフィーでのポストベークやUV洗浄など製造プロセスによって劣化する用途において、これまでも添加剤を加えて劣化を防止していた。しかし、UV硬化とこれら添加剤は相性が悪く、開始剤やプロセスの工夫によって何とか使えるようにしていたという状況であった。今回当社のUV硬化技術とプラスチック添加剤技術との融合により、これらストレスを解消する材料を開発することができた。今回の開発品はまだ課題が多く、今後ニーズとマッチできるよう鋭意グレードアップしていきたいと考えている。

最後に今回紹介した開発品の一覧を記載する。

表 3　開発品ラインナップ

製品名	GPA-5001	GPA-1103	GPA-1104	GPA-1105
ﾀｲﾌﾟ	酸化防止剤	UV吸収剤		
性状	粉末			
融点	155°C	114°C	130°C	95°C
溶解性 (PGMEA)	10%	20%	20%	30%

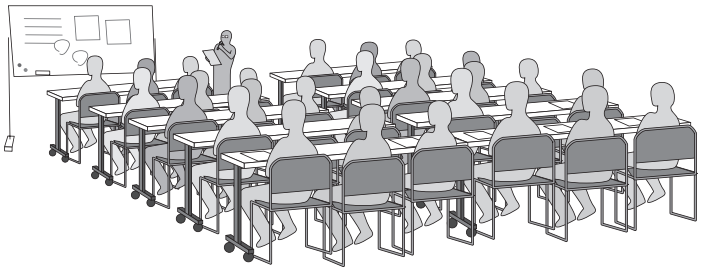


【会告】

【第228回講演会】
日時：平成30年10月11日（木）13時～17時
会場：森戸記念館（東京理科大学）第1フォーラム
　　新宿区神楽坂4-2-2
タイトル：『分子性材料の基礎とフォトレジスト』
プログラム：
1）誘導自己組織化（DSA）レジストの展開
　　NTT物性科学基礎研究所　山口　徹氏
2）極端紫外線リソグラフィー用レジスト材料の
　分子設計　　関西大学　工藤宏人氏
3）デンドリティックフォトポリマーの構築と
　特性評価　　東京理科大学　青木健一氏
4）分子性材料の基礎と将来
　　東北大学　芥川智行氏
参加費：会員：1社2名まで無料（要、会員証呈示）
　　非会員：3,000円、学生：2,000円
　　（いずれも予稿集代を含む）
申込方法：
　ホームページ（http://www.tapj.jp）のメールフォームにて送信、又は氏名・所属・連絡先を明記の上FAXにて事務局（043-290-3460）まで。
定員：95名（定員になり次第締め切ります）

【第229回講演会（有機エレ材研合同講演会）】
日時：平成30年12月6日（木）13時～17時
会場：森戸記念館（東京理科大学）第1フォーラム
　　新宿区神楽坂4-2-2
タイトル：『フレキシブルエレクトロニクス』
プログラム：
1）産業応用を見据えた有機半導体材料の開発戦略
　　東京大学　岡本敏宏氏
2）フレキシブル・プリンテッド有機エレクトロニクスの基盤研究と応用展開
　　山形大学　時任静士氏
3）液晶性を活用した有機半導体の大面積薄膜作製プロセスと応用　　東京工業大学　飯野裕明氏
4）フォトシンタリング型Cuナノインクによる有機フィルム上での導電パターンの形成
　　石原ケミカル㈱　南原　聡氏
参加費：会員：1社2名まで無料（要、会員証呈示）
　　非会員：3,000円、学生：2,000円
　　（いずれも予稿集代を含む）
申込方法：
　ホームページ（http://www.tapj.jp）のメールフォームにて送信、又は氏名・所属・連絡先を明記の上FAXにて事務局（043-290-3460）まで。
定員：95名（定員になり次第締め切ります）

【第230回講演会】
日時：平成31年1月25日（金）13時～17時
会場：大阪市立大学　文化交流センター
　　（大阪駅前第2ビル6階）
　　大阪市北区梅田1-2-2-600
タイトル：『光機能性材料の最近の進歩』
参加費：会員：1社2名まで無料（要、会員証呈示）
　　非会員：3,000円、学生：2,000円
　　（いずれも予稿集代を含む）
申込方法：
　ホームページ（http://www.tapj.jp）のメールフォームにて送信、又は氏名・所属・連絡先を明記の上FAXにて事務局（043-290-3460）まで。
定員：95名（定員になり次第締め切ります）



編集者　小関健一　　2018年10月1日発行
発行人　鴨志田洋一
発行所　フォトポリマー懇話会事務局
　〒263-8522　千葉市稲毛区弥生町1-33
　千葉大学大学院工学研究院　融合理工学府　物質科学コース内
　電話／FAX　043－290－3460　　URL：http://www.tapj.jp/