

工業材料

ENGINEERING MATERIALS



Vol.68 No.6

特集

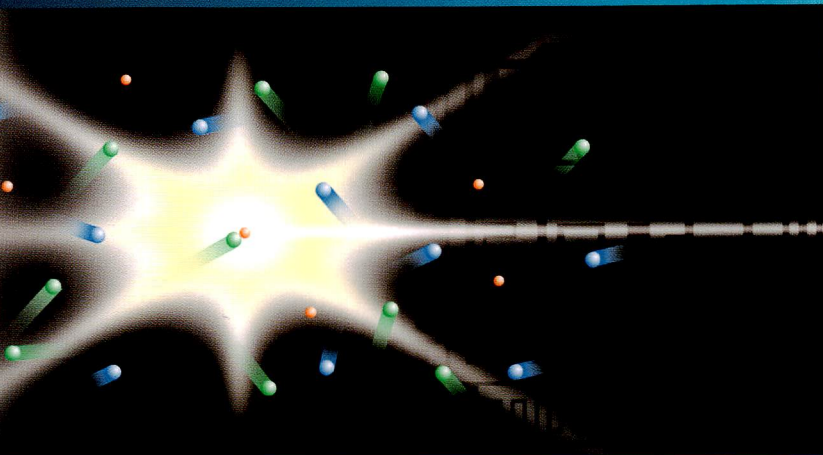
マルチマテリアル時代における異材接合のための接着技術

HORIBA

Scientific



Your Partner in Science



簡単迅速分析

高真空不要

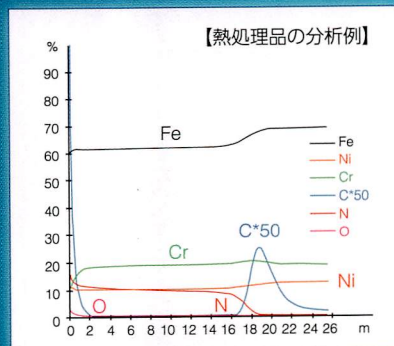
水素から分析可能

さらに進化する迅速表面分析

マークス型高周波グロー放電発光表面分析装置

GD-Profiler 2

株式会社 堀場製作所

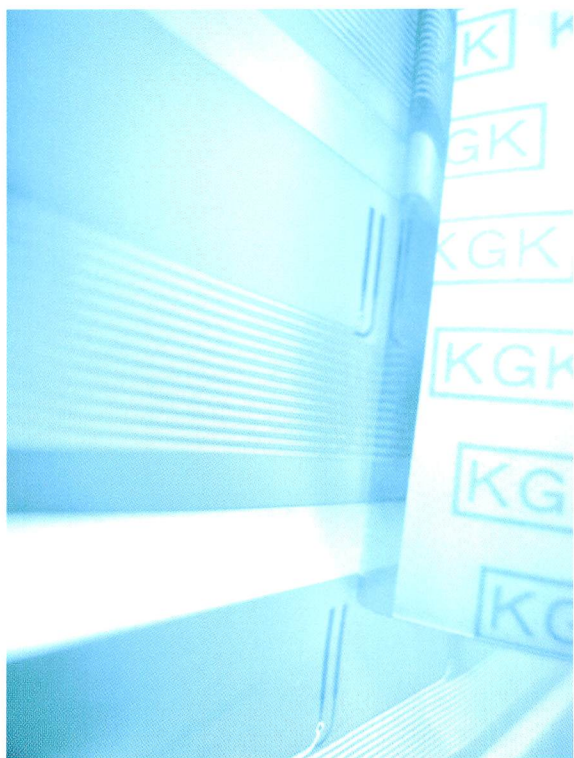




液晶ポリマーフィルム/銅箔のCCL

第5世代移動通信システム(5th Generation)の無線周辺基板材料

未来のIoTネットワークシステムの大容量化、無人化自動車、無人化飛行体や人工衛星等に

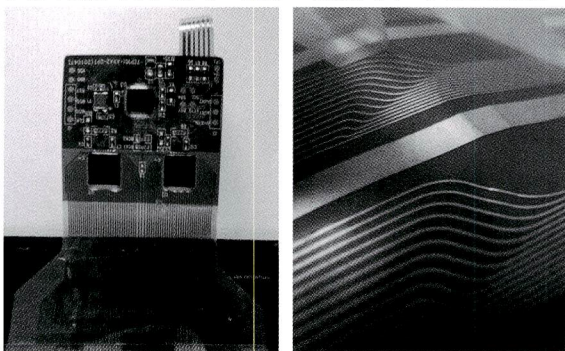


■特徴

- 低ノイズ
- 低誘電
- 低発熱

銅箔基板における絶縁フィルムを液晶ポリマーフィルムにすることにより低ノイズ、低消費電力及び、電池寿命の増加が図れる。

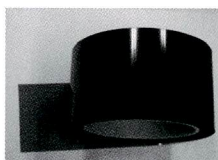
プリント基板 タッチセンサー基板 液晶ポリマーフィルムと銅箔



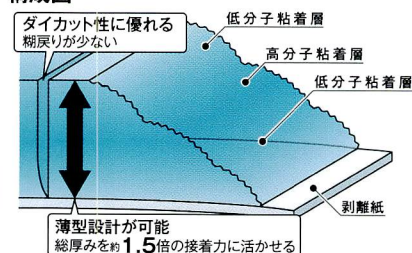
3年連続発明大賞受賞!

分子勾配膜両面テープ シリーズ

分子のグラデーションによって従来の概念を変えた画期的な両面テープ。薄く、強接着力、高耐熱性、優れた打ち抜き特性、耐ブロッキング性を持つ両面テープです。



構成図



Start the new value creation



共同技研化学株式会社



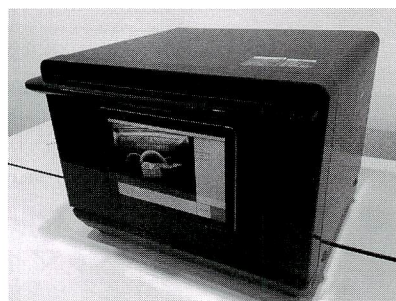
本 社・工 場 〒359-0011 埼玉県所沢市南永井940番地
TEL:04-2944-5151 FAX:04-2944-1396

富 岡 工 場 〒370-2321 群馬県富岡市岡本1280
TEL:0274-70-2611 FAX:0274-70-2612

志木営業支店 〒352-0001 埼玉県新座市東北2-31-14 第2福島ビル4F A号
TEL:048-485-2550 FAX:048-485-2551

マイクロ波エネルギーの可能性 ～物理や化学現象を見極め、材料・環境・生命に応用～

上智大学 理工学部物質生命理工学科
環境化学工学研究室



上智大学の環境化学工学研究室では、マイクロ波やエネルギーを材料・生命・環境の分野で利用する研究を進め、これらのエネルギーをグリーンケミストリー的新材料の合成、環境浄化技術、酵素や生物への応用利用の可能性を研究している。同研究室を率いる堀越智教授に、同研究室が手がける幅広い研究テーマのうち、特にマイクロ波を用いた材料分野を中心にお聞きした。

[環境化学工学研究室の研究テーマ]

上智大学理工学部物質生命理工学科に置かれた環境化学工学研究室では、マイクロ波や光などの電磁をエネルギー源として、材料、環境・グリーンケミストリー、生物、物理の分野へ新利用する研究を行なっている。

●化学、生物、環境分野への応用

マイクロ波エネルギーは単なる熱源として利用はもったいない！ 電子レンジを使うと簡単に食べ物が温めることができるので便利ではあるが、マイクロ波にはそれ以上の可能性が秘められていると感じている。電磁波と物質の相互作用を見極め、「マイクロ波にしかできない」オンリーワンの反応や現象を、材料、環境、生物分野に広めなければいけない！ と堀越智教授は言う。

多くの情報を瞬時に無線通信できるマイクロ波は質の良いエネルギーであり、この質の良さを生かすことができれば、新しい化学反応や材料合成

による付加価値の創造が生まれると堀越智教授は考え、それによってもたらされる、新しい文化や社会貢献を目指している。

また、同研究室は生物分野においても、「マイクロ波エネルギーがもたらす生命現象」を見出し、それを私たちの生活の質や文化の向上のための手法として産業利用を模索している。同時に、「生物におけるマイクロ波の潜在的リスク」についても検討している。


●物理学的に原理を解明

もう一つのテーマが、材料、生物・生命・環境分野の研究で見出された新しい反応などに関して、物理学的に原理原則を追究することである。これまででない付加価値や驚くような発見があっても、なぜそうなるのか？ という原理原則が解明されていなければ、それは安全なのか？ 使いこなせるのか(制御できるのか)？ 最適な条件なのか？ など、実際に化学、材料、生物、環境分野で応用できるのかがわからないためである。

[研究体制と研究内容]


環境化学工学研究室には学部生から博士課程の学生まで、例年、10人強が在籍する(2020年度は12人)。また、企業の研究者も多く出入りしており、さまざまな年代や国籍の顔触れで、にぎわっている。

2019-2020年度 環境化学工学研究室
堀越研究室テーマ一覧と応用先一例



車新材料 水素ステーション 8K TV 新接着技術 液中プラズマ グリーン合成ゲル

<p>化学</p> <ul style="list-style-type: none"> 天然水から水素エネルギーを実装的に獲得する方法の開発 レアメタル・毒性フリー量子ドットの新合成 マイクロ波触媒の存在調査 高分子架橋新技術とゴムへの応用 	<p>環境・GC</p> <ul style="list-style-type: none"> 液中プラズマによるゲルのグリーン合成 電磁波応答接着剤の合成と環境配慮型接合 水銀フリー長寿命紫外線ランプの開発とアフリカでの実証実験
<p>マイクロ波や光エネルギーを 化学・生物に利用</p>	
<p>生物</p> <ul style="list-style-type: none"> 電磁波刺激植物育成法の分子生物学的メカニズム解明 液中プラズマによる魚卵孵化時期の制御とメカニズム解明 マイクロ波酵素活性化法の最適化と熟成肉プロセスへの応用探索 	<p>物理</p> <ul style="list-style-type: none"> フェーズドアレイ技術に応用したインテリジェント調理器具 物質における電磁波効果の発見とその解明 局所的高温場の発生制御と生物や化学分野への利用



植物工場 食品加工 孵化制御 インテリジェント電子レンジ 電磁波効果 局所高温場

～ 努力によって見える未来～

■環境科学工学研究室の2019～2020年度のテーマ別一覧と応用先一例

一般的に大学の理工学系の研究室では、先輩らが手がけてきた研究を引き継ぐことが多い。

同研究室では長期的な観察が必要な一部の研究を除いて、全ての研究テーマは学生が大学院を修了するまでにスピード感を持って完結させ、成果は論文や学会発表で残し、後輩が引き継ぐことはないという方針である。そのため研究室に所属する学生全員が化学・材料・生物・物理・食品など全く異なる分野のテーマを扱うことになり、自分の研究はすべて自分の成果として責任を持たせている。担当した学生の研究第一歩は、新たな発見を見つけだすことから始めるため大変な苦労をするが、さまざまなものに興味を持ち、いつも鳥瞰的に研究を眺め、研究者としてのセンスを磨くよ

うに指導している。

また、大学の研究室の社会的な役割を鑑みて基礎研究に注力し、応用の可能性が高まった段階で早期に企業に技術を渡して、その後の実用化は企業に任せている。

研究室内で学生が進めている2019～2020年度の化学・環境・生物分野のテーマ一覧を上図に示し、その一部を次に説明する。これ以外にも、企業と共同開発を進めているものも多い(例：タイトルの装置は、3社と共同開発を進めているインテリジェント電子レンジ)。

[液中プラズマによるゲルのグリーン合成]

プラズマは溶接や切断、微細加工、除菌など、

さまざまな産業用途に用いられている。この場合は気体中でプラズマを発生させるが、環境工学研究室ではマイクロ波エネルギーを用いて、水の中でプラズマを連続的に発生させることに成功し、この利用法としてPOPsや難燃剤のような難分解性の分解に使えることを明らかにした。

一方で液中プラズマを用いた材料合成にも利用しようと、手始めに新しいナノ材料の液相合成も目指した。水溶液に銀ナノ粒子の原料と、できたナノ粒子の凝集防止剤として高分子を水に入れ、その水溶液の中で液中プラズマを発生させることで、新しい機能を持ったナノ粒子の合成を試みた。

数週間後、担当学生から、「液中プラズマを用いても低品質のナノ粒子しかできそうもない」と残念な報告を受けた。ただ、せっかく学生が数週間かけて苦勞したデータから何か成果を炙り出せないか？ と考え、担当学生に試料を見せてもらった。

水溶液を見るとグニャグニャしたものが写っており、落胆している学生とは裏腹に、ゲルができている!? と驚いた。通常、ゲルを合成するには、水中に漂う高分子同士をつなぐための架橋剤や、架橋を始めるための開始剤を加える必要があり、これらは高価な上に毒性もあり、できれば使わない方が望ましい。液中プラズマを利用すれば、水に入れた高分子を電気力だけで安全安価にゲル化できると直感した。

すぐに学生と相談し研究テーマを変える決断をし、その日から液中プラズマによるゲル合成がスタートした。その後、なぜできたのか？ について解明し、このゲルは食品や体内に入れて使用する材料(コンタクトレンズ、点滴用チューブ、整形用シリコンなど)、環境保全に応用できることがわかった。

[レアメタル、毒性フリー量子ドットの新合成]

2018年に超高画質の映像規格である4Kおよび8Kの衛星放送がスタートしたが、8Kテレビの普及は未だ進んでいない。液晶技術だけで8Kディスプレイを生産するには、今後のさらなる性能向上に対して限界があり、次の技術として量子ドッ



■失敗から発見できたゲル(左)

トを用いたディスプレイの開発が積極的に行われている。

量子ドットとは直径が1~3nm程度の極小の半導体で、紫外線が当たると蛍光色を発光する。画期的な蛍光材料ではあるが、その材料はレアメタルを用いるものや鉛などの有毒物質が含まれるものが主流である。しかし、テレビなどで使用されると、その後の廃棄に伴う環境問題が懸念されており、これらの代替材料の開発が求められていた。

そこで環境化学工学研究室は、安価で安全な炭素で構成された量子ドット(カーボン量子ドット)をごく短時間で簡便に高品質化する研究に取り組んだ。

量子ドットの生成プロセスで難しいのは、1~3nmのサイズに揃えた均一性の高い粒子の合成と、紫外線を蛍光に高効率で変換しなければならない点にある。均一な物質をつくるには型を使うが、量子ドットのサイズが小さすぎるため、原子・分子から成長させて1nm(10⁹ m)になったところで成長を止めなければならない。その粒径制御にはエネルギーを物質に応答性良く、加えたり止めたりできるマイクロ波が最適と考え実験したところ、均一な粒径の量子ドットを作り出すことに成功した。また、その合成には消費電力を1/100にできることや、合成時間を1/3以下にできることもわかり、マイクロ波を使うことで産業上の利点

を明確にした。さらに、光の変換効率(量子収率)も世界最高の値を得ることができることを見出せた。

【電磁波応答接着剤の合成/局所的高温場の発生制御】

工業製品の組み立てには接合が必要であるが、近年では製品の中に異種材料が混在しており、その接合には接着剤が用いられている。たとえば車であっても金属、プラスチック、ゴム、ガラスなどが混在しており、溶接やボルト接合から接着剤接合に切り替わっている。しかし、接着剤は加熱によって硬化することから、熱に弱い部品には使えない。また、紫外線を照射することで硬化できる接着剤もあるが、影になった接着剤の硬化を行うことができない。

そこで環境科学工学研究室は、電磁波としてのマイクロ波に応答して硬化や剥離する、接着剤の合成を行っている。これにより、たとえば車のさまざまな部品に接着剤を塗り、これを車体に貼り付けて、超大型電子レンジの中をベルトコンベヤーで通り抜けると、塗った接着剤が固まるような応用利用の装置イメージを持っている。

一方でマイクロ波を照射すると剥離する接着剤を用いれば、使用後のリサイクルの簡便化を達成

できる。しかし、このマイクロ波硬化接着剤にも問題がある。たとえば電子レンジにアルミホイルを入れて加熱すると、アルミホイルがマイクロ波によって放電して発火する。このことから分かるとおり、導電性物質とマイクロ波は相性が悪い。ゆえに、この問題を解決するための新しいマイクロ波技術も研究開発をしている。この装置を用いれば電子回路などの金属が含まれた基盤を接着剤で張り合わせ、これにマイクロ波を照射して硬化しても電子回路から放電が起きない。この技術を使用した超大型電子レンジを用いれば、導電性物質とマイクロ波は相性を解決できる。

この技術は接着剤以外でも、通常の電子レンジに応用でき、すでに市販化を見据えた試作を続けている。この電子レンジでお弁当を温めると、ご飯やおかずは適温に加熱され、一方でサラダや漬物は全く温まらないようにすることができ、近未来の技術としてテレビなどで度々取り上げられている。

【MEMO】

上智大学 理工学部物質生命理工学科
環境化学工学研究室

〒102-8510 東京都千代田区紀尾井町7-1
<http://pweb.sophia.ac.jp/horikosi/>

答えは目の前にはない 手探りで道を開く楽しさを感じてほしい

上智大学 理工学部物質生命理工学科
環境化学工学研究室

堀越 智教授 に聞く

——研究する上で心がけていることは。

堀越 これといって特別なことはありませんが、学生に「先生は研究の説明をいつも面白そうに話す」と言われることが多くあります。確かに、研究する対象は自分でワクワク・ドキドキして楽しめるものでなくては、ということは考えていますね。

また、共同研究をしている企業の方々から、しばしば「先生の研究にはいつもアンテナを張っています」などとよく言われます。言われてみると、

世間の人たちより少しだけ先にブームに飛びつくことが多いようですね。

——研究されてきたテーマを次々と企業に橋渡しされていますね。

堀越 面白そうなことに飛びつく半面、研究して中身がわかった頃には、次の興味ができています。技術を育てて社会に広げていくのは、それが得意なところがすればよく、大学と企業でうまく分業できればよいと考えています。特に、研究のストーリーが見え、データが定期的に出るようになった頃には、自分の関心はもっと先に行っています(笑)。

かといって、自分が知りたいという思いだけでは自己満足になりかねないので、学んだ新しい知識や得られた知見を社会に還元していくため、本



通常育成の植物

マイクロ波を1時間に1度照射した植物

■マイクロ波を照射した植物(右)と通常育成の植物(左)

を年に3冊書くことを心がけています。

——研究者生活の中でうれしかったことは？

堀越 それぞれの研究において私はサポーターで、それを苦しみながら暗闇の中で進めているのは学生です。そういった意味から研究全体を通して一番うれしさを感じているのは学生だと思います。

毎年、新しいテーマを始めているので、毎年大きな発見に恵まれますが、この発見に対してうれしいというよりも、どこまで原理解明できるのか？と不安に感じる方が大きいものです。ただ、発見と成果を純粋に喜ぶ学生の姿を見ると、自分もうれしくなるのも事実です。

偶然発見した研究の一つとして、ある成長段階の植物に制御されたマイクロ波を照射すると、成長が2倍以上促進できることを発見しました。

この研究の反響は大きくテレビで紹介されましたが、この放送をみた当時4歳の娘が、これなら宇宙でも早く植物が育つのかな？と言い、「大きくなったら植物学者になる」と言ったときは、とてもうれしかったですね。自分の研究が社会に影響を与え、文化や価値を変えることができ、初めて研究が成功したと喜びますが、身近な家族にも影響を与えることができたことは、研究者としても親としてもうれしさがありました。

——最近の学生を見て思うことはありますか。



PROFILE

堀越 智

(ほりこし さとし)

上智大学理工学部物質生命理工学科 教授。東京理科大学 客員教授、東京学芸大学 非常勤講師。国際誌の編集者 3件、学術論文 201報、書籍 30冊出版、趣味：世界の料理を食べること、作ること。The best or nothingを感じながらドライブすること。ゴルフ

堀越 学生が高校までに受けてきた教育は、何か正しい答えがあり、その答えに早く近づくことがよいというものが多いように思えます。そのためか、とても失敗を恐れ、実験で想定外の結果が出ると、必要以上にダメだと思ってしまうように見えます。それが出発点とは、なかなか思えないのですね。また、「何がしたいか」という自分の意思や発想を問われると、プレッシャーを感じるようです。

未開拓だからこそ進む価値があることを理解し、手探りで求めるものを見つけていく楽しさを感じてほしいと思っています。

——学生や、若い研究者に向けてのメッセージをお願いします。

堀越 いろいろなことに興味を持ち、アンテナを張っていかなければ、前に進んで行くことはできません。専門性を追究することももちろん大切ですが、この専門性を基礎に持った上で、それ以外の科学、文化、哲学、時代、歴史、社会、そして人付き合いなど、多様な引き出しがあることが重要です。

どんな経験も無駄になることはなく、必ずどこかでそれが役に立ちます。経験と人を大切に、どんな場に置かれても、あたえられた条件で工夫をして、持っているものを最大限に生かし、失敗を怖がらず、研究を楽しんでください。努力したことで見える未来が必ずあります。