

### 電気モーターと発電機の原型を発明

#### 製本屋の奉公人が独学で 王立研究所の実験助手へ

ボルタ電池が発明される10年ほど前、ロンドンの貧しい鍛冶屋に男の子が生まれました。後に、紙幣に肖像が描かれるほどの功績を挙げたマイケル・ファラデーです。

彼は小学校も満足に通えず、10代前半から新聞配達兼製本職人として奉公します。その働きぶりを見た雇い主は、製本した書籍の自由な閲覧を許し、彼は7年間の奉公で膨大な知識を吸収していきます。

転機となったのは、著名な化学者ハンフリー・デービーの講演会でした。ファラデーは数回の講演を詳細に記録し、ノートをデービーに送って「化学の道を歩みたい」と打ち明け、チャンスが訪れるのを待ちました。そして、22歳になった1813年、王立研究所の化学実験助手としてデービーのもとで働くことになったのです。



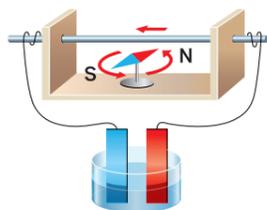
マイケル・ファラデー

ンペアは彼にちなむ)は自身で実験を開始。その年のうちに、電流が流れる方向に対して右ネジを回す方向に磁界が発生する「右ネジの法則」を発見し、電流とそのまわりにできる磁場との関係を「アンペールの法則」として数式化して、電気力学の基礎理論を発表しました。

#### 1820年、エルステッドが 電流の磁気作用を発見

それから7年後、デンマークのエルステッドは、ボルタ電池を使って電流の実験をしていた時、導線に電流が流れると、近くにあった方位磁石の針が振れることに気づきました。この現象を詳しく調べると、導線に電流を流すと、そのまわりに磁界が発生することを発見し、“電流の磁気作用”として発表しました。

#### エルステッドのボルタ電池の実験



これがフランス科学アカデミーで紹介され、同国のアンペール(電流の単位ア

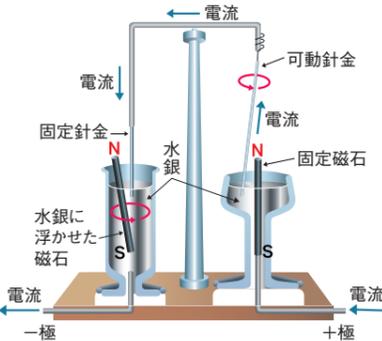
#### 電動機、発電機の発明で 電磁誘導の世界を切り拓く

エルステッドやアンペールの成果を知った師匠のデービーは、電気と磁気から動力を得る装置の開発を試みるも失敗します。ところが助手のファラデーは独自に挑戦し、1821年に電磁回転装置の製作に成功したのです。それは電流で生じた磁場と磁石の磁場が反発することで針金と磁石がくるくる回るもので、世界で初めて電気の力を動力に変換する「電動機(電気モーター)」の原型でした。

しかし、ファラデーは、この成果をデービーに相談なく発表してしまい、激怒した

デービーは彼を電気・磁気の研究から外します。

#### ●電動機の原型となる電磁回転装置

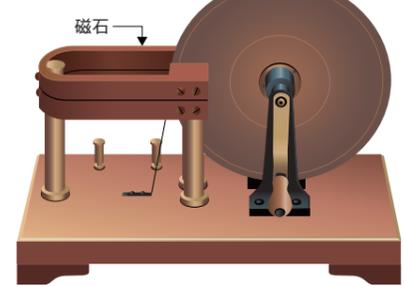


ファラデーが電磁気の研究を再開できたのは10年後でした。この間に電磁石が発明されるなど進歩が

続く中で、彼が考えたのは「電気を流して磁気を発生できるなら、磁気で電気を発生できるのでは」ということです。それを実証しようと、1831年、鉄の輪にコイルを巻いて磁気を発生させることでコイルに電気が流れることを確認し、起電力の大きさと磁界の関係性を示す「電磁誘導の法則」を発見しました。

ただ、この装置は瞬間的な電気しかつくれず、翌年、U字型磁石のN極とS極の間で円盤を回転させる装置をつくり、円盤に磁気の影響を継続的に加えることで電流を流すことに成功しました。これが世界で初めて継続的に電気を供給できる「発電機」の原型となりました。

#### ●世界初の発電装置



#### 特集

## 世界のエネルギー危機と日本のエネルギー政策

社会で役立つ放射線24 電子線照射で素材を改質し、工業製品の機能性を向上

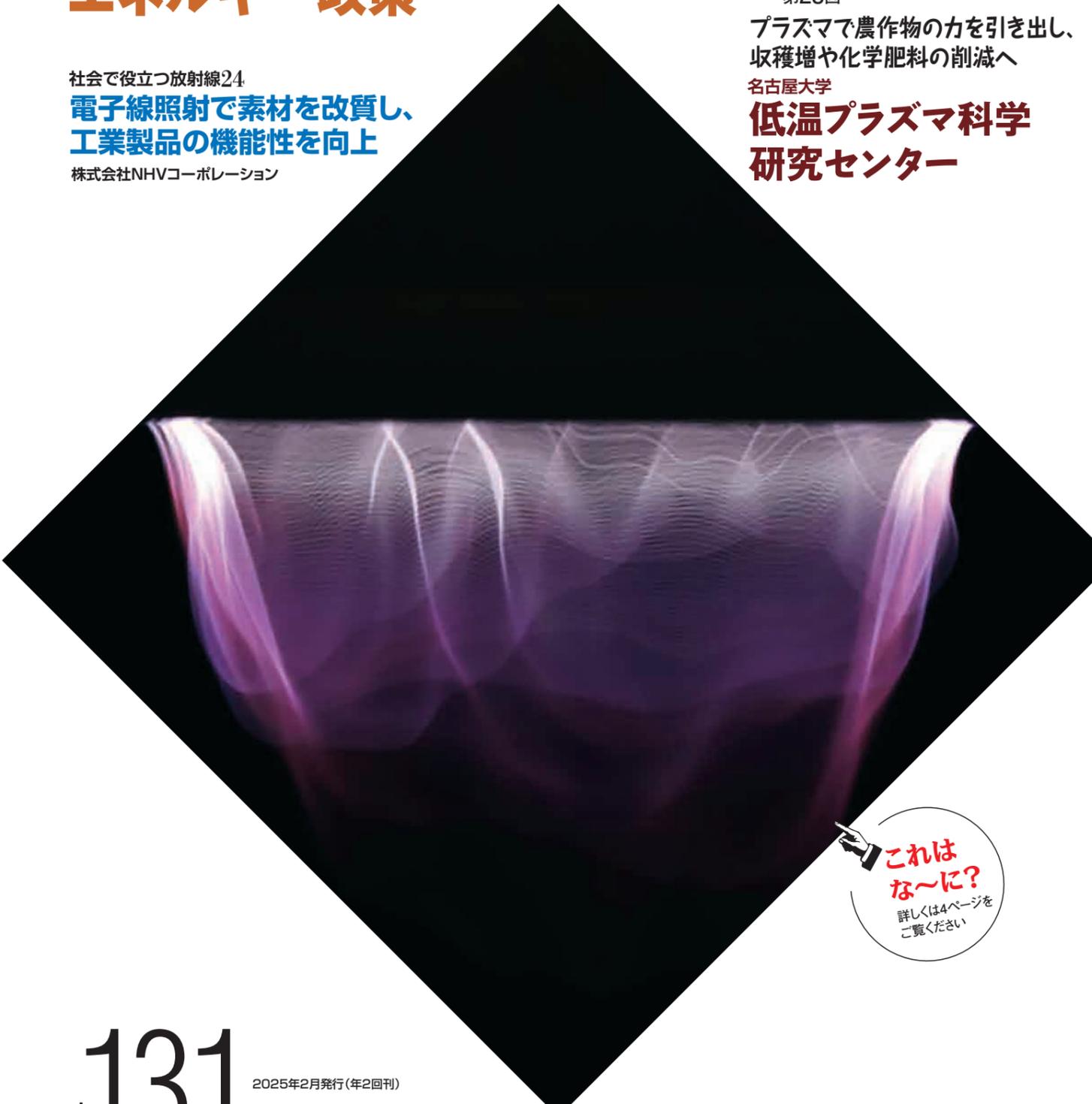
株式会社NHVコーポレーション



第28回

プラズマで農作物の力を引き出し、収穫増や化学肥料の削減へ

名古屋大学 低温プラズマ科学研究センター



これはな〜に? 詳しくは4ページをご覧ください

中部原子力懇談会

〒460-0008 名古屋市中区栄2-10-19 名古屋商工会議所ビル6F  
TEL:052-223-6616 FAX:052-231-7279  
https://www.chugenkou.org

放射線出前教室・出張授業を実施します。お気軽にお問い合わせください。詳しくはホームページをご覧ください。

この印刷物に使用している用紙は、森を元気にするための間伐と間伐材の有効活用に使われます。



この冊子は地球環境保護のため、植物性大豆油インクを使用し、有害な廃液の発生が少ない水なし印刷をしています。



C-pressはホームページからもご覧いただけます



# vol. 131

2025年2月発行(年2回刊)

発行/中部原子力懇談会 名古屋市中区栄2-10-19 名古屋商工会議所ビル6F



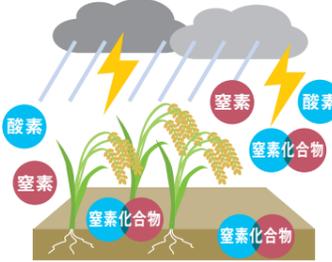
中部地方を中心に、エネルギーの安定供給や次世代に向けた先端研究に関わる施設をシーブレス編集部が訪問し、その取り組みをご紹介します。

稲妻はプラズマ、古人が伝える豊作との関係

雷が多いと豊作になる—この言い伝えは日本各地で耳にします。雷は稲の伴侶という意味の「稲妻」と呼ばれ、奈良時代に編纂された「日本書紀」には「雷電(イナツルヒ)」と記されています。古来より稲作農家では、原理を知らなくても雷が稲の生育に及ぼす効果を経験則として伝えていたのです。

それから1300年後の現代では、次のように考えられています。大気には植物の生育に欠かせない窒素がたくさん含まれていますが、植物は大気から窒素を直接取り込めません。ところが雷の放電によって空気中の窒素と酸素が反応しやすくなって(=プラズマ状態)窒素化合物となり、雨に溶けて土壌に浸み込みます。すると稲は根から多くの窒素を取り込み、たくさんの稲穂を実らせるのです。

◆雷が大気の窒素を肥料にしてくれる



このような自然界で起きるプラズマを人工的に発生させて農業に活用する研究が行われていると聞き、名古屋大学の「低温プラズマ科学研究センター」を訪問しました。対応いただいたのは、同センター特任講師の橋爪さんです。

◎プラズマとは、どういう現象なのですか？

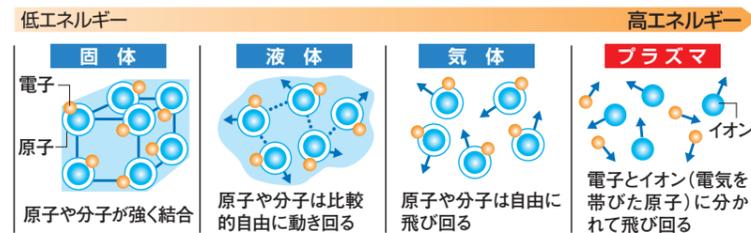


低温プラズマ科学研究センター 特任講師(博士) 橋爪 博司さん

橋爪さん 物質は原子で構成され、状態によって3つに分けられます。原子が持つエネルギーが高くなるにつれて、固体→液体→気体に変化します。さらに気体に熱や電気を加えると、原子や分子の結びつきが弱くなり、電子とイオン(電気を帯びた原子)に分かれて自由に動き回ります。これがプラズマで「物質の第4の状態」と言われています。

雷はまさに自然界のプラズマです。そのメカニズムは、まず雲の中で氷の粒がこすれ合って電気を帯び、やがて雲から飛び出した電子が酸素や窒素とぶつかり、その分子から電子とイ

◆プラズマは高エネルギーのガス(物質の第4の状態)



プラズマで農作物の力を引き出し、収穫増や化学肥料の削減へ  
名古屋大学  
低温プラズマ科学研究センター  
(名古屋市千種区)



低温プラズマ科学研究センターが設置されている名古屋大学NIC(National Innovation Complex)館

オンに分かれて飛び回り、反応しやすくなります。これがプラズマ状態で、酸素と窒素が結びついて窒素化合物になるのです。

◎名古屋大学はいつ頃からプラズマを研究されているのですか？

橋爪さん 名古屋大学とプラズマ研究との関わりは古く、60年以上前の1961年にさかのぼります。当時、未来のエネルギーとして核融合発電(原子力発電は核分裂を利用)への関心が高まり、「名古屋大学プラズマ研究所(現在の自然科学研究機構 核融合科学研究所、土岐市)」が設立されました。超高温のプラズマを発生させて、地上に太陽をつくらうという研究です。そして、世界でも早い時期にプラズマの「発生装置」とプラズマがどのようにできるかを調べる「計測装置」を開発し、これが本学の強みとなりました。

その後1980年代以降、ガス温度と電子温度が非平衡な低温プラズマが発明され、半導体製造をはじめとして微細な加工に必要な不可欠な技術となり、回路の高集積化ひいては携帯電話や自動車などの高性能化に貢献しています。

高温プラズマから低温プラズマへ  
医療や農業分野へ

橋爪さん さらに2010年頃から、特に大気圧下で生成される低温プラズマを用いてバイオ分野への応用研究が活発になりました。本学では、「低温プラズマ科学研究センター」が2019年に設立され半導体からバイオまで多岐にわたる分野の研究を推進しています。



ワンフロアに最先端の測定・実験装置が並ぶセンター内部

このセンターの特長は、交通至便な都市にあり、すべてがオープンなことです。設備面ではNIC館の4階

2,000㎡に最先端の実験装置や測定装置165台が設置され、柱や間仕切り壁がほとんどないので、研究者たちが自由に行き交います。

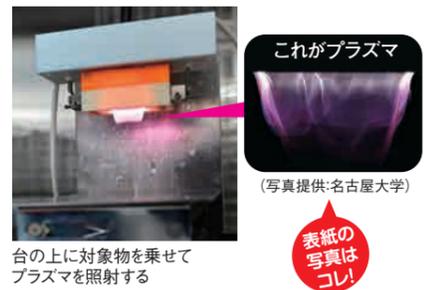
また、連携する複数の企業がNIC館に事務所を構え、大学や医療機関、さらに海外の研究者たちも常駐して様々な共同研究が行われています。このように環境・設備・人材が整っていることから文部科学省の「共同利用・共同研究拠点」に認定されています。

◎農業への応用研究はどのように始まったのですか？

橋爪さん 2015年に初代センター長の堀 勝先生(現 特任教授)の発案で、本学生命農学研究所との連携によって附属農場(東郷フィールド、愛知県東郷町)で稲にプラズマ処理したのが始まりです。医療研究では、プラズマ処理によってがん細胞を選択的に死滅させる一方で、正常細胞が活性化することが確認されていたので、生体である植物にも応用できるのではと考えたのです。田植えされた水田に、プラズマ発生装置を元にした携帯型の試作機を持ち込んで苗に直接照射するほか、あらかじめプラズマ照射した溶液(プラズマ活性化溶液)を用いて苗に浸漬処理を行いました。

◎これがプラズマ発生装置ですか？

橋爪さん 堀先生が発明されたもので、小型ながら大気圧下でのプラズマ発生装置としては世界最高レベルの高密度なプラズマを安定して照射できます。紫色に見えるのが発生したプラズマです。プラズマ中には電子、電界、紫外線や活性酸素・活性窒素種などのイオンやラジカルといった様々な活性種が含まれており、これらが生体への刺激となると考えられます。収穫後の調査では、プラズマ処理した稲では苗の生育や収量だけでなく、玄米の品質も向上していることが確認できました。

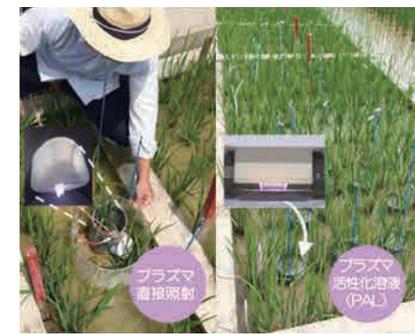


◎企業と連携した実証試験も活発だとか

橋爪さん ICT(情報通信技術)やAI(人工知能)を活用した先進的な農業技術の開発に向けて共同研究を進めています。最近では、酒米品種の山田錦に、プラズマの直接照射やプラズマで活性化させた溶液処理によって玄米収量が増加し、日本酒製造で重要とされる心白の含有率が増加したことも確認しました。ただ、まだまだ条件を変えながら最適値を探っている段階です。照射する時期は苗の段階か稲になってからか?照射するのは水か稲か?プラズマの強さや照射時間は?最適な気候条件は?など膨大なデータを収集・整理しながらデータベース化しています。



人工気象室で育成中の山田錦



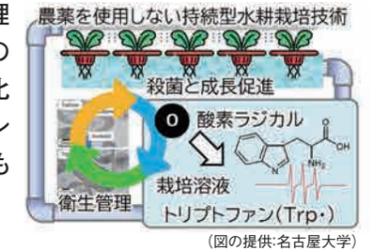
東郷フィールドでの実証試験 (写真提供:名古屋大学)

一方で、水田では1年に1回しか検証できないので、センターの一角に「人工気象室」を設置して、温度・湿度・光量といった栽培環境制御下で稲の生育状況の観察を続けています。

プラズマ農業で持続性や食料の安全保障に貢献

◎減農薬やエネルギー削減に寄与する技術も開発されたとか

橋爪さん 昨年、当グループと名城大学との共同研究で、水耕栽培で栽培溶液に菌が発生しやすいという課題に着目し、低温プラズマを栽培溶液に照射して農薬を使わず殺菌することに成功しました。これにより殺菌・成長促進・衛生管理が両立でき、さらに廃溶液、化石燃料を原料とする農薬、環境への汚染リスクを削減する基盤技術としての活用が期待できます。ほかに、愛知県幸田町や西尾市のイチゴ農家の協力のもと実証試験にも取り組んでいます。栽培期間中、定期的にイチゴ苗にプラズマ処理を行った結果、果実中の赤み成分で高い抗酸化値を持つアントシアニン量が1.5倍増加し、収量も約20%増えました。



◎今後の展望を教えてください

橋爪さん 私たちは環境を汚さないプラズマを活用し、もともと作物が持っている力を引き出そうと取り組んでいます。その背景には、農業が直面する厳しい現実があります。高齢化や後継者不足、低い食料自給率、環境問題など課題は山積しています。農林水産省はこうした状況を打開しようと、2021年に「みどりの食料システム戦略」を策定しました。これは日本の食料・農林水産業の生産力向上と持続性をイノベーションによって両立させようとするもので、2050年までに「化学農薬の使用量を50%削減」「輸入原料や化石燃料を燃料とする化学肥料の使用量を30%削減」などの目標を掲げています。その達成に貢献できるよう今後も「プラズマ農業」の進展に注力していきます。

## 分子構造を直接変化させて素材の機能を向上

放射線の一種である電子線(Electron Beam:EB)を物質に照射すると、電子がもつエネルギーによって分子構造が変化し、さまざまな特性を得られます。しかも熱や光ではできない加工を可能にし、優れたエネルギー効率で簡単・迅速・均一に化学反応処理ができるため幅広い工業製品に利用されています。

そんな電子線照射技術のパイオニアであり、リーディングカンパニーでもある(株)NHVコーポレーションを訪問し、EB加工部の奥村さんと吉谷さんに、その歴史から仕組み・利用状況などを伺いました。



EB加工部 京都EBセンターグループ長  
兼 機能材料事業化推進グループ長  
奥村 康之さん

EB加工部  
機能材料事業化推進グループ長  
吉谷 駿さん

## Q 貴社のプロフィールをご紹介ください

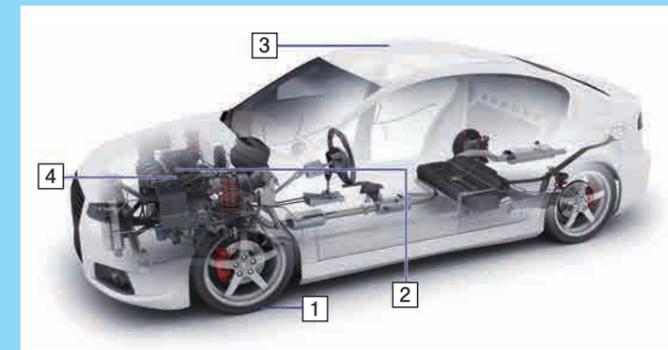
奥村さん: 産業界では1950年代に放射線を工業利用しようという機運が高まりました。そうした中で、コンデンサやトランスなどの受電・変電設備を製造する日新電機が、いち早く電子線照射装置の開発に着手し、1960年代に装置を完成させました。その後、開発・製造部門が分離独立して「日新ハイボルトエージ(略称:NHV)」という会社が設立され、合併や統合を経て2003年に現在の(株)NHVコーポレーションを設立。今では国内2工場と海外2拠点で装置の製造・販売を、国内3カ所のEBセンターで電子線照射の試験や受託加工を行っています。

## Q 電子線照射でどのような特性が得られるのですか?

奥村さん: 物質に電子線を照射すると、電子は自らのエネルギーを物質に与えながら物質内を通過します。物質は与えられたエネルギー(吸収線量)により、化学反応を起こして様々な特性を発現します。その物質の用途に応じて電子線のエネルギーや吸収線量を調整して、うまく特性を発現する必要があります。

用途は4つに大別されます。①分子の架橋(橋かけ)による素材特性の向上 ②別の分子を結合させるグラフト重

## ◆電子線架橋の利用例



ムシートの厚みも薄くできたのです。これにより原材料の削減、加工性の向上、軽量化による燃費向上も実現しています。特にバスやトラック、工事用車両などの大型タイヤでのメリットは大きいですね。

奥村さん: 他にも、エンジン周りなど高温環境に使われる電線被覆を電子線架橋することで、例えばポリエチレン被覆の耐熱温度90℃を125℃に向上させています。

また、内装材や断熱材用の発泡シートでは、気泡の大きさを電子線架橋でコントロールできることから、表面は細かい泡でなめらかで肌触り良く、内面は大きな泡で高い衝撃吸収性を発現させることが可能です。さらに配線の保護、結束、絶縁など様々な用途に使われている熱収縮チューブは、加熱するとチューブが収縮して電線やコネクタに密着する特殊なプラスチックが使われていますが、電子線架橋によって収縮性能を向上させ、熱・振動・衝撃・ほこり・薬品など外部からの影響を効果的に遮断しています。

## 30カ国以上に450台超を納入している電子線照射装置

## Q 貴社の電子線照射装置の特長を教えてください

吉谷さん: 装置の原理は、フィラメント電源で発生させた電子を高電圧によって真空中で加速し、窓箔を通過させて対象物に照射します。そこには当社が60年以上にわたって培った「高電圧、ビーム制御、高真空、安全システム」の

技術により ①高精度で均一なビーム照射 ②高いエネルギー効率(電力変換効率) ③安定したビーム出力 ④お客様に応じた設計 ⑤簡単で安心な操作性を実現しています。こうした特長から電子線照射装置の納入実績は30カ国以上450台超にのびります。

## Q 装置を運転するために特別な資格が必要ですか?

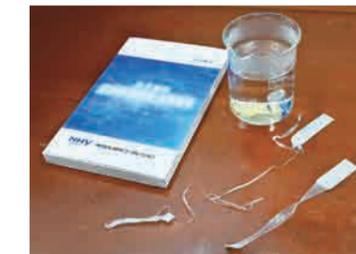
吉谷さん: 加圧電圧が1,000kV以上の装置になると、法令により放射線取扱主任者の配置

が必要ですが、それ未満の電圧なら不要です。電子線や二次的に発生するX線を自己遮蔽しているので安心して操作いただけます。

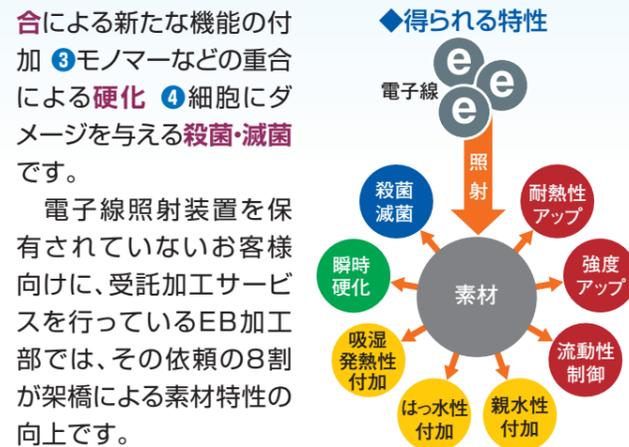
京都EBセンターで稼働中の電子線照射装置

## Q セミナーの開催など知識の普及にも注力されていますね

奥村さん: はい。電子線加工技術の普及・啓発を目的に、企業の開発部門や大学の研究者などを対象に見学会やオンラインセミナーを開催しています。また、中学・高校生向けの教材として、架橋反応を体感できる実験キットも製作しています。放射線を未照射の樹脂シートは60℃以上のお湯につけると柔らかくなって伸びるのに、照射したシートは形を保持し、一度伸ばしてもお湯につけると元に戻ります。架橋による形状記憶効果(熱収縮性能向上)を示すもので、次代を担う若者たちがこうした体験を通じて電子線に興味を持ってくれたらと期待しています。



架橋反応を体感できる実験キット

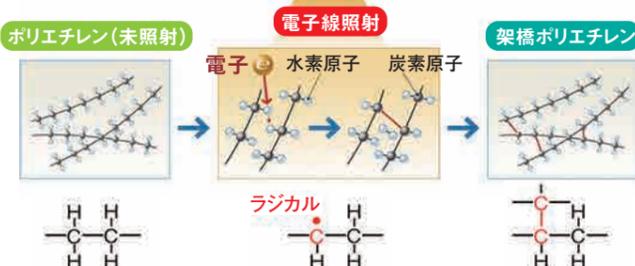


## 自動車部品の性能向上に貢献する電子線架橋

## Q 電子線架橋の原理や代表的な適用製品は?

吉谷さん: 高分子材料に電子線を照射すると、電子線のエネルギーにより分子結合が切れ、不安定で反応しやすい活性点(ラジカル)が発生します。すると分子鎖間でラジカルが反応・結合して三次元の網目構造が形成されます。これを架橋反応と言い、耐熱性や強度などの特性が向上します。

## ◆電子線架橋の原理



代表的な利用分野は自動車部品です。例えば、タイヤは様々なゴムシートや部材を組み合わせて金型に入れ、熱と圧力を加えて成形(加硫工程)します。しかし、加熱時のゴムは柔らかく変形しやすいため、ゴムシート内の補強材(タイヤの骨格となる合成繊維、炭素繊維、スチールなど)が位置ズレする場合もあり、従来はゴムを厚くして対策していました。

そこで、加硫工程の前にゴムシートに電子線を照射してゴムの流動性を抑えることで、位置ズレを防ぎ、同時にゴ

What's Up?

## そこが知りたい! エネルギーのいま 浜岡原子力発電所 プラント施設の審査開始

浜岡原子力発電所3・4号機では、安全性向上対策工事を行うとともに、原子力規制委員会による新規基準の適合性確認審査を受けています。

2024年12月24日より「プラント施設の審査」が始まりました。これは、「設計基準」(安全設計上、想定

すべき設備の故障、基準地振動、基準津波、その他の自然現象や火災等への対処)、「重大事故等対策」(設計上の想定を超えた炉心損傷や格納容器破損など重大事故等への対処)について原子力規制委員会に確認いただくものです。

## 今後の行事予定

各種講演会を計画しております。詳細はホームページでご案内いたします。

ホームページは  
こちらから

